

T-FLEX Анализ

Новые возможности версии 15

© ЗАО «Топ Системы», 1992—2017

Все авторские права защищены. Запрещено воспроизведение в любой форме любой части настоящего документа без разрешения от ЗАО «Топ Системы».

ЗАО «Топ Системы» не несёт ответственности за ошибки, которые могут быть в этом документе. Также не предполагается никаких обязательств за повреждения, обусловленные использованием содержащейся здесь информации.

Содержание настоящего документа может быть изменено без предварительного уведомления.

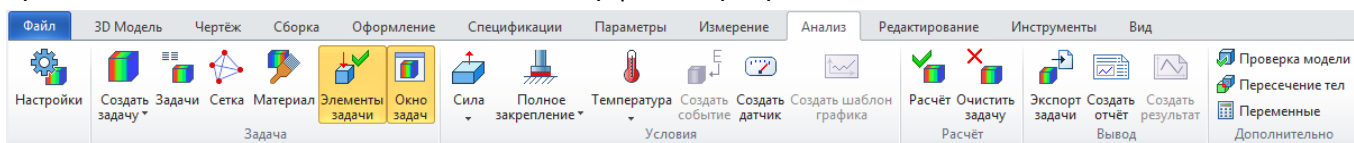
Торговые марки T-FLEX Parametric CAD, T-FLEX CAD являются собственностью ЗАО «Топ Системы». Parasolid является охраняемым товарным знаком Siemens PLM Software. Все другие товарные марки являются собственностью соответствующих фирм.

ОГЛАВЛЕНИЕ

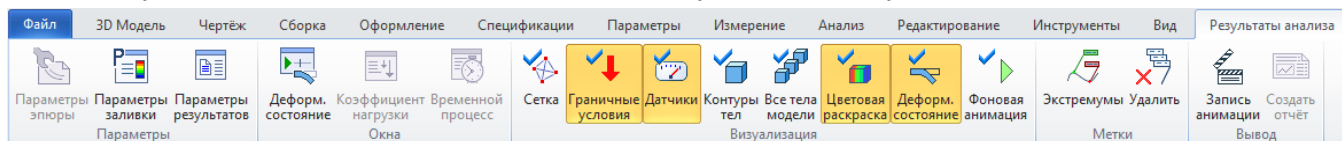
Оглавление.....	3
Обновлённый ленточный интерфейс.....	4
Линейный динамический анализ.....	4
Использование графиков при задании граничных условий	6
Учёт зависимостей свойств материалов от температур	7
Нелинейные расчёты в задачах тепловых расчетов	9
Задача на установление равновесия температур.....	9
Лучистый теплообмен между телами излучением.....	10
Верификационные примеры по динамическому анализу	11

ОБНОВЛЁННЫЙ ЛЕНТОЧНЫЙ ИНТЕРФЕЙС

Новая 15 версия T-FLEX CAD получила удобный обновлённый интерфейс. Доступ ко всем командам осуществляется через ленту, выполненную в соответствии с современными представлениями о пользовательском интерфейсе программ.



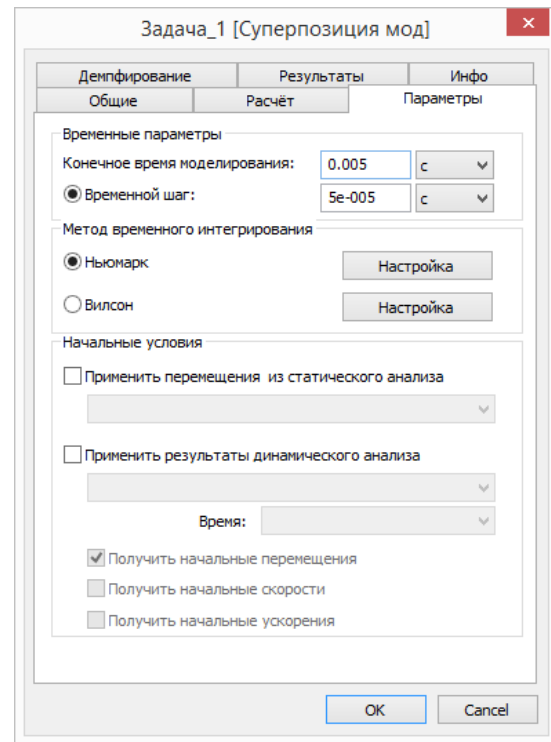
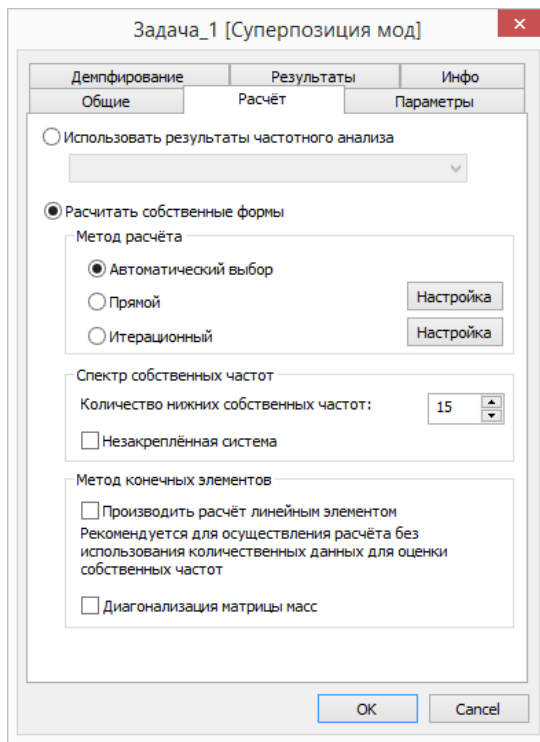
Свою ленту имеет также окно постпроцессора (визуализатор результатов).



ЛИНЕЙНЫЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

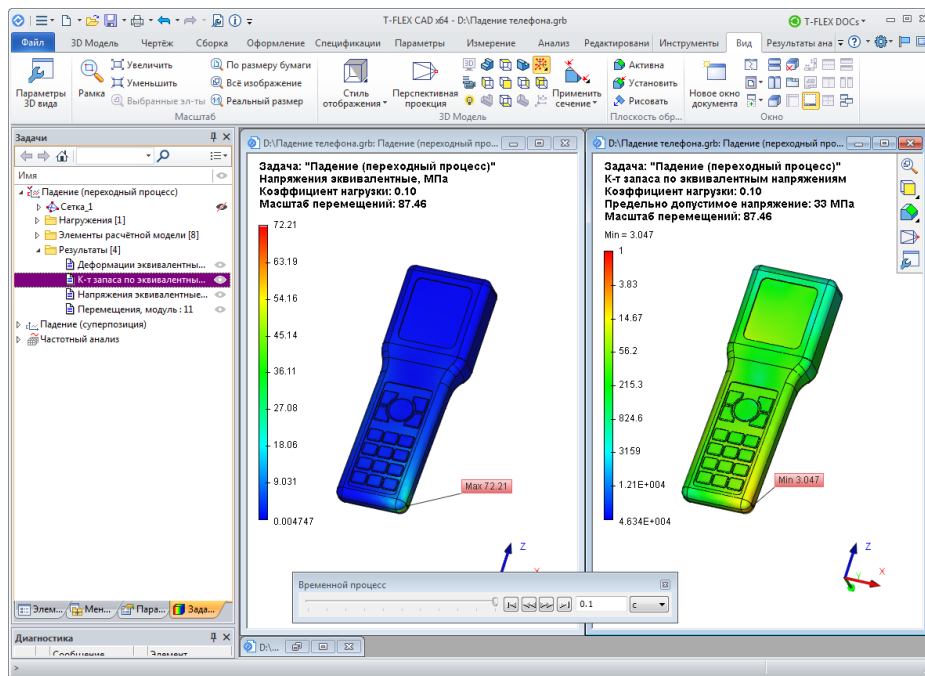
В версии 15 к модулям механических конечно-элементных расчётов T-FLEX Анализ добавлен модуль Динамического анализа. Этот модуль позволяет рассчитать напряженно деформированное состояние механической системы под действием изменяющихся во времени силовых и кинематических нагрузок. В каждом граничном условии (сила, давление, осциллятор и т.д.) есть возможность задать график изменения соответствующей нагрузки во времени. Система рассчитывает перемещения и напряжения элементов конструкции на каждом временном шаге с учетом сил инерции и сопротивления и отображает результаты на каждом временном шаге. Данный модуль, в частности, позволяет оценивать ударные и сейсмические воздействия на конструкции, переменные крутящие моменты и силы и т.д. Реализованы два алгоритма решения динамических задач.

- 1) **Динамические нестационарные процессы (Прямое интегрирование).** Решение осуществляется на полных системах уравнений. Данный подход обычно обеспечивает наиболее точное решение на малых временных интервалах, а также позволяет решать нелинейные задачи.
- 2) **Линейная динамическая задача (Разложение по собственным формам колебаний).** Системы уравнений редуцируются за счет перехода к естественным координатам модели на основе рассчитанных собственных форм конструкции. Динамическая задача решается только в линейной постановке.



Диалоги настроек модуля динамического анализа

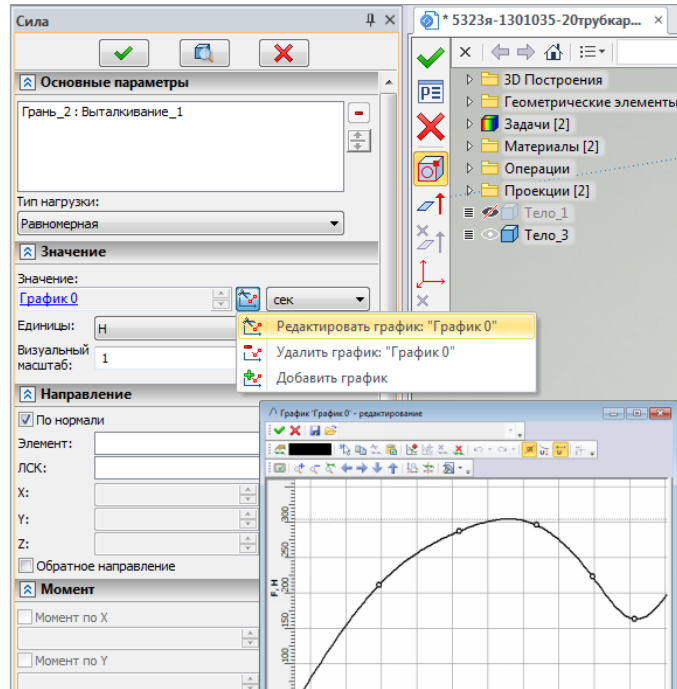
Получаемое решение может быть проанализировано в окне Постпроцессора с использованием специальных инструментов (панель управления "Временной процесс") и графиков, строящихся по значениям в датчиках, сохраняемых для каждого момента времени моделирования.



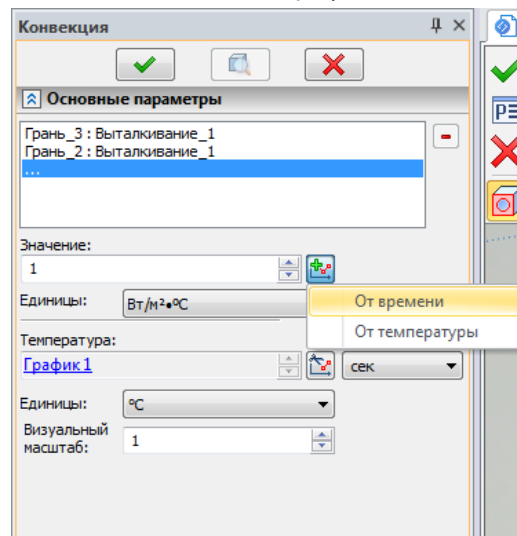
Напряжения и коэффициент запаса в динамическом анализе

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФИКОВ ПРИ ЗАДАНИИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ

В механические и тепловые граничные условия добавлена возможность задавать графики изменения задаваемой величины от времени или температуры. Графики от времени используются в нестационарных механических и тепловых задачах. Графики зависимостей от температуры используются в тепловых задачах.



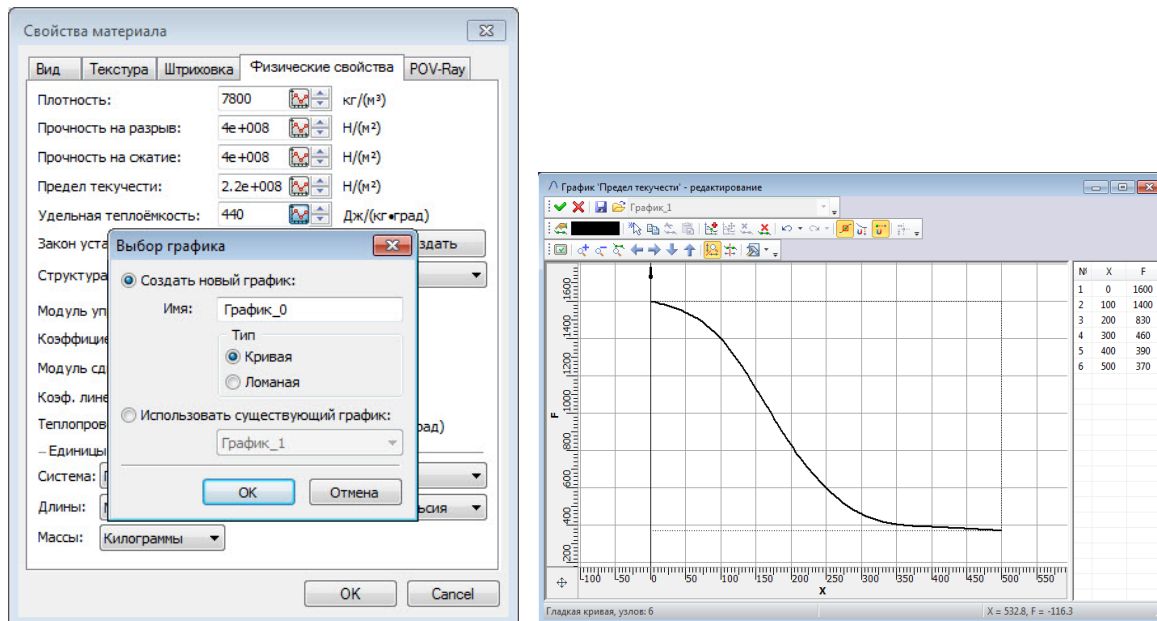
В механические граничные условия добавлена возможность задания зависимости нагрузки от времени с помощью графика



В тепловых граничных условиях можно задать зависимость от времени или от температуры

УЧЁТ ЗАВИСИМОСТЕЙ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ОТ ТЕМПЕРАТУР

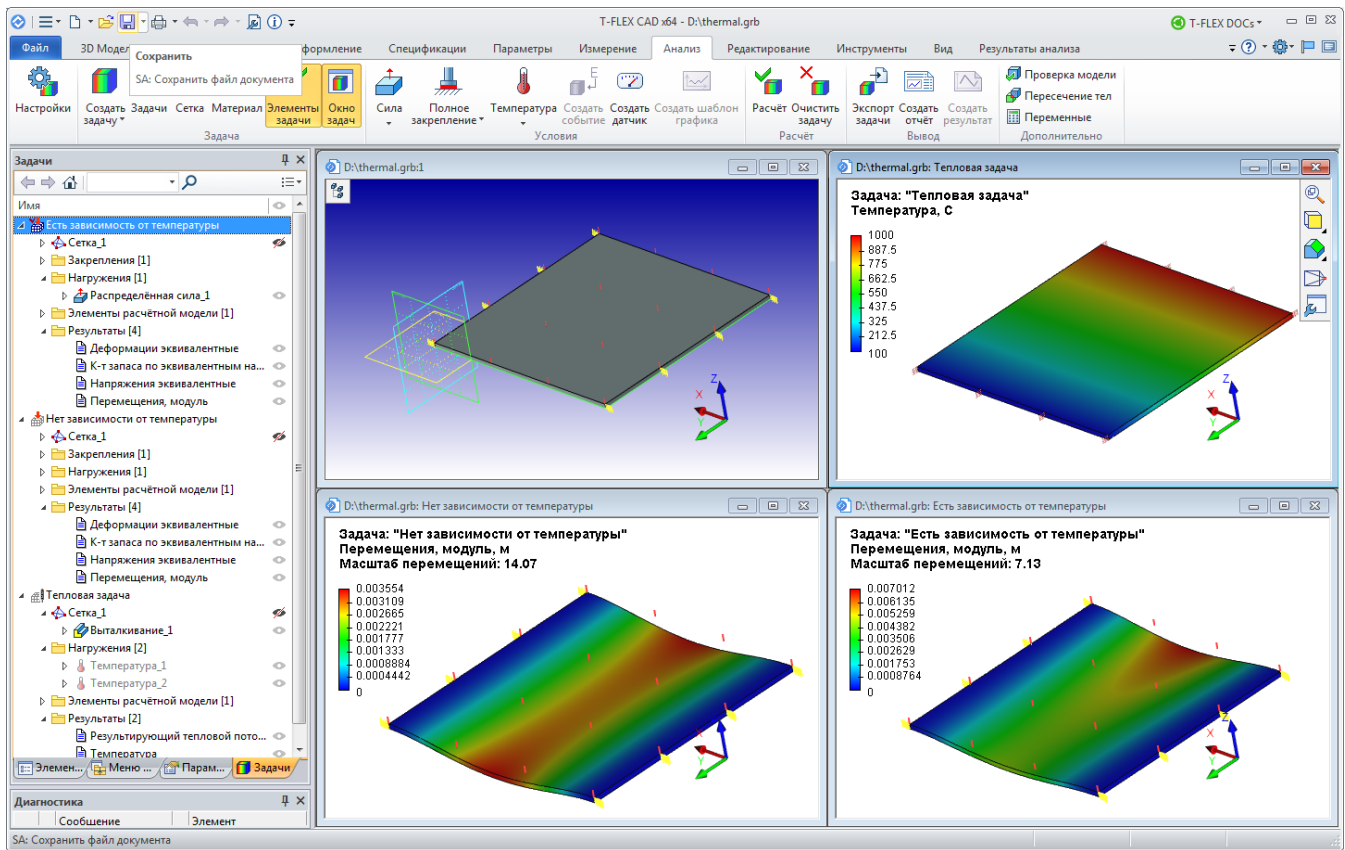
Добавлена возможность задать зависимости физических параметров материалов от температур в виде графиков. Таким образом можно учесть влияние температуры на физические свойства материалов при решении задачи. Температурную кривую можно задать для любого свойства материала, используемого в расчете: модуля упругости, коэффициента линейного расширения, пределов прочности и т.д.



Каждому свойству материала может быть назначена его температурная кривая

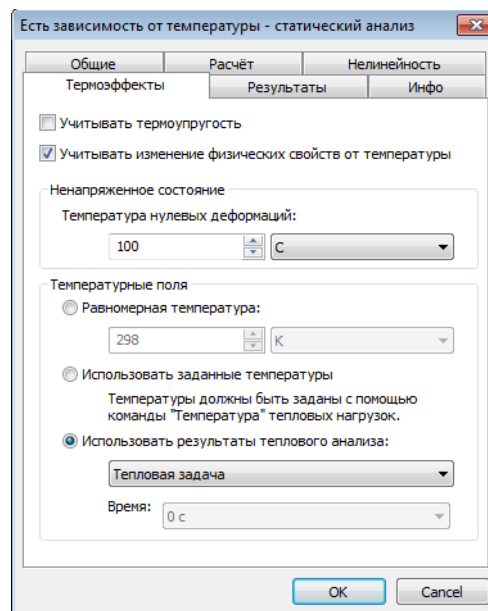
В процессе решения задачи система учтёт заданные зависимости свойств материалов от приложенных температур. Для задания температурного поля можно использовать предварительно рассчитанную тепловую задачу или задать известные температуры непосредственно прикладывая их к элементам 3D модели.

На рисунке приведён пример расчёта пластины под равномерной распределённой нагрузкой. В примере учтены изменения свойств материала от температуры. Справа вверху 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.



Пример расчёта пластины под равномерной распределённой нагрузкой с учётом изменения свойств материала от температур.

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



Включение опции учёта в расчёте зависимости физических свойств материалов от температур

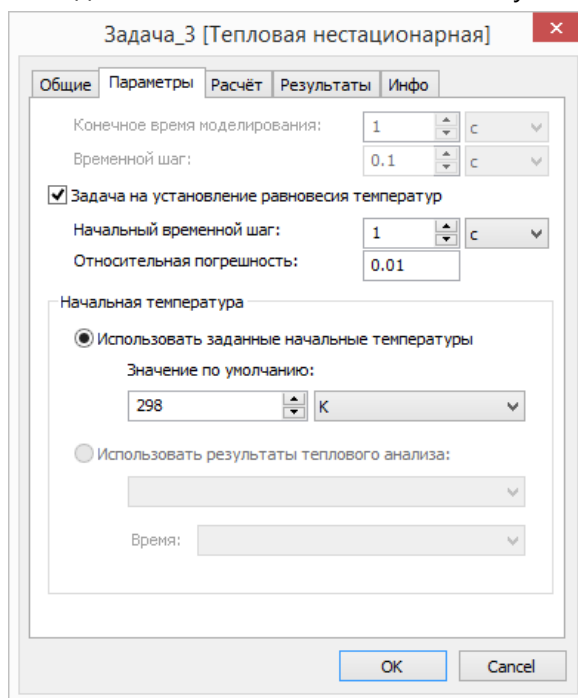
НЕЛИНЕЙНЫЕ РАСЧЁТЫ В ЗАДАЧАХ ТЕПЛОВЫХ РАСЧЕТОВ

В новой версии T-FLEX Анализа существенно расширены возможности модуля тепловых расчётов. Во все граничные условия тепловых задач (тепловая мощность, тепловой поток, конвекция) добавлена возможность задать зависимость от температуры или времени, которая будет автоматически учитываться при выполнении расчёта. Это значительно расширяет класс решаемых тепловых задач, т.к. в реальных физических явлениях все теплофизические параметры, как правило, изменяются с увеличением или уменьшением температуры. Нелинейные тепловые задачи обычно не имеют аналитического решения (т.е. 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 свойства материалов (теплопроводность, теплоёмкость, плотность) от температуры, если они заданы пользователем.

ЗАДАЧА НА УСТАНОВЛЕНИЕ РАВНОВЕСИЯ ТЕМПЕРАТУР

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 допусаемое относительное изменение температуры на очередном временном шаге, при достижении которого вычислительный процесс останавливается.

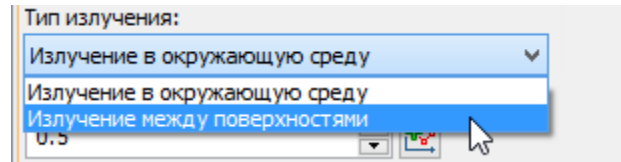
Данный режим удобен, когда нужно исследовать динамику теплового процесса при неопределенном времени его окончания. Кроме того, этот режим позволяет более эффективно и устойчиво решать нелинейные задачи, связанные с тепловым излучением.



Опции расчёта нестационарной теплопроводности

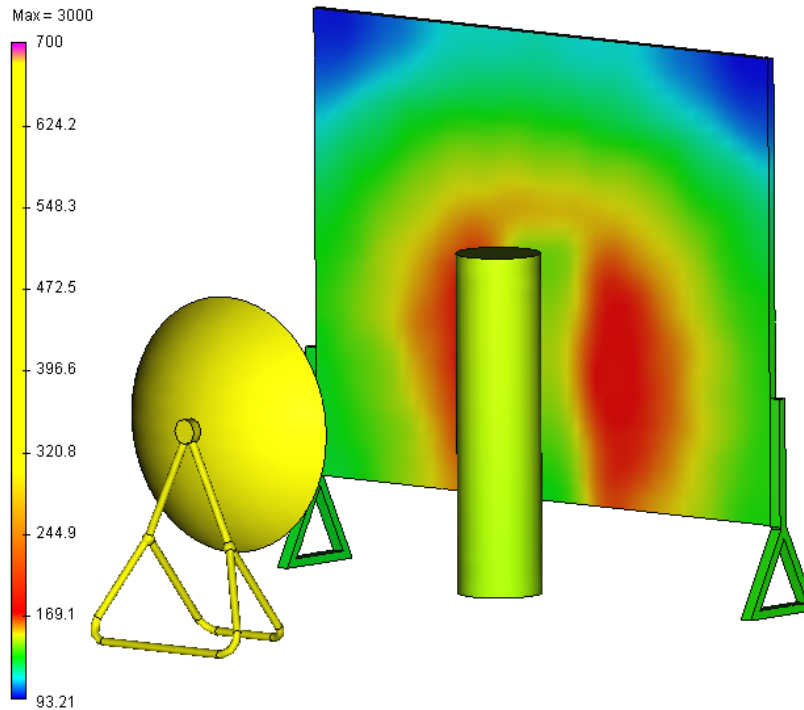
ЛУЧИСТЫЙ ТЕПЛООБМЕН МЕЖДУ ТЕЛАМИ ИЗЛУЧЕНИЕМ

В T-FLEX Анализ 15 доработан механизм решения задачи лучистого теплообмена. Теперь система позволяет осуществлять расчёт температур и тепловых потоков между телами за счёт теплового излучения. При этом учитывается взаимное расположение тел в пространстве. Лучистый теплообмен является основным способом передачи тепловой энергии для тел с высокой температурой (сотни и тысячи градусов).



На приведённой иллюстрации можно видеть, как источник теплового излучения через рефлектор нагревает удаленные предметы и на экране видна "тепловая тень" от предмета, находящегося между источником тепла и экраном

Задача: "Тепловое излучение - рефлектор, цилиндр, ширма"
Температура, С



Задача: "Тепловое излучение - рефлектор, цилиндр, ширма"

Температура, C

Время: 55.00 c

Max = 3000

700

624.2

548.3

472.5

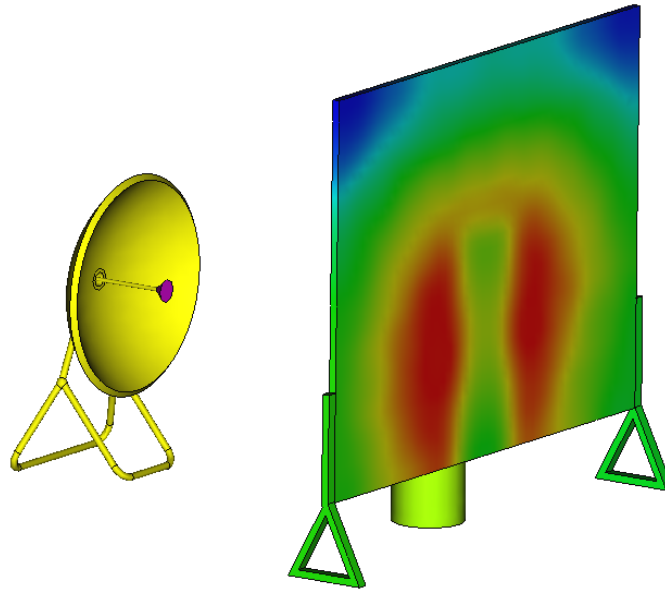
396.6

320.8

244.9

169.1

93.21



Задача о нагреве излучением

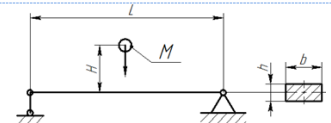
ВЕРИФИКАЦИОННЫЕ ПРИМЕРЫ ПО ДИНАМИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ

Для оценки точности получаемых в T-FLEX Анализе решений добавлены примеры решения динамических задач. Примеры имеют аналитическое решение. Проводится сравнение получаемых численных результатов с аналитическими результатами, и на основе этих результатов проводится оценка точности.

ПРИМЕРЫ РАСЧЁТОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Изгиб свободно опертой балки от удара посередине

Рассмотрим свободно опертую балку длиной L , на которую падает груз массой M с высоты H и ударяет посередине. Поперечным сечением балки является прямоугольник с шириной b и высотой h . Массой балки можно пренебречь.



Требуется определить максимальный прогиб балки.

Примем $L=1000$ мм, $b=50$ мм, $h=10$ мм. Характеристики материала оставим заданными по умолчанию: модуль упругости $E = 2.1E+011$ Па, коэффициент Пуассона $\nu = 0.28$. Высота падения груза массой $M=50.85$ кг $H=5$ мм.

Создадим задачу "Динамические нестационарные процессы". На левом торце балки ограничим перемещение нижнего ребра по оси Z , на правом закрепим нижнее ребро. Приложим нагрузку Ускорение силы тяжести на груз (т.к. массой балки можно пренебречь). На груз приложим начальную скорость 313.209 м/с, соответствующую высоте падения 5 мм.



Рисунок 7.1-1 - Расчетная модель с нагрузками и закреплениями

Конечно-элементная модель балки с нагрузками и закреплениями

Аналитическое решение имеет вид [13, с. 272, ф. (192)]: