

Технологии виртуального моделирования и численного анализа в проектировании прецизионных оптических систем

[12.11.2013]



Наталия Демкович

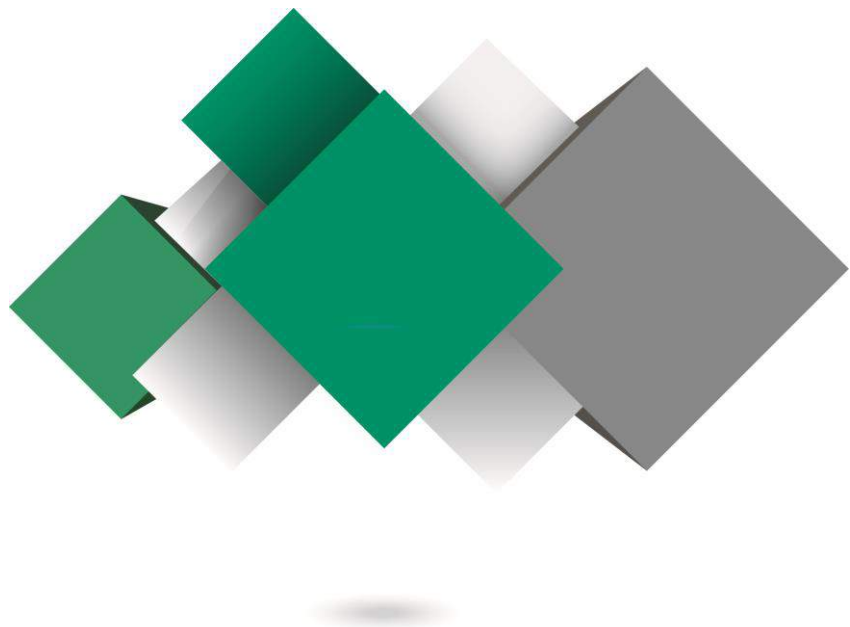
Ведущий инженер

СП ЗАО "Би Питрон"

тел.: +7 (812) 740-18-00, доб. 298

моб.: +7 (911) 759-28-14

dna@beepitron.com



Технологии виртуального
моделирования

Программный комплекс OOFELIE

Проектирование высокоточных
оптических систем

Разработка устройств
адаптивной оптики

Пример расчета гравитационных
деформаций параболического
отражателя

Разработка нового изделия

Необходимо
ускорить процесс
проектирования

Повышенные
требования к
надежности

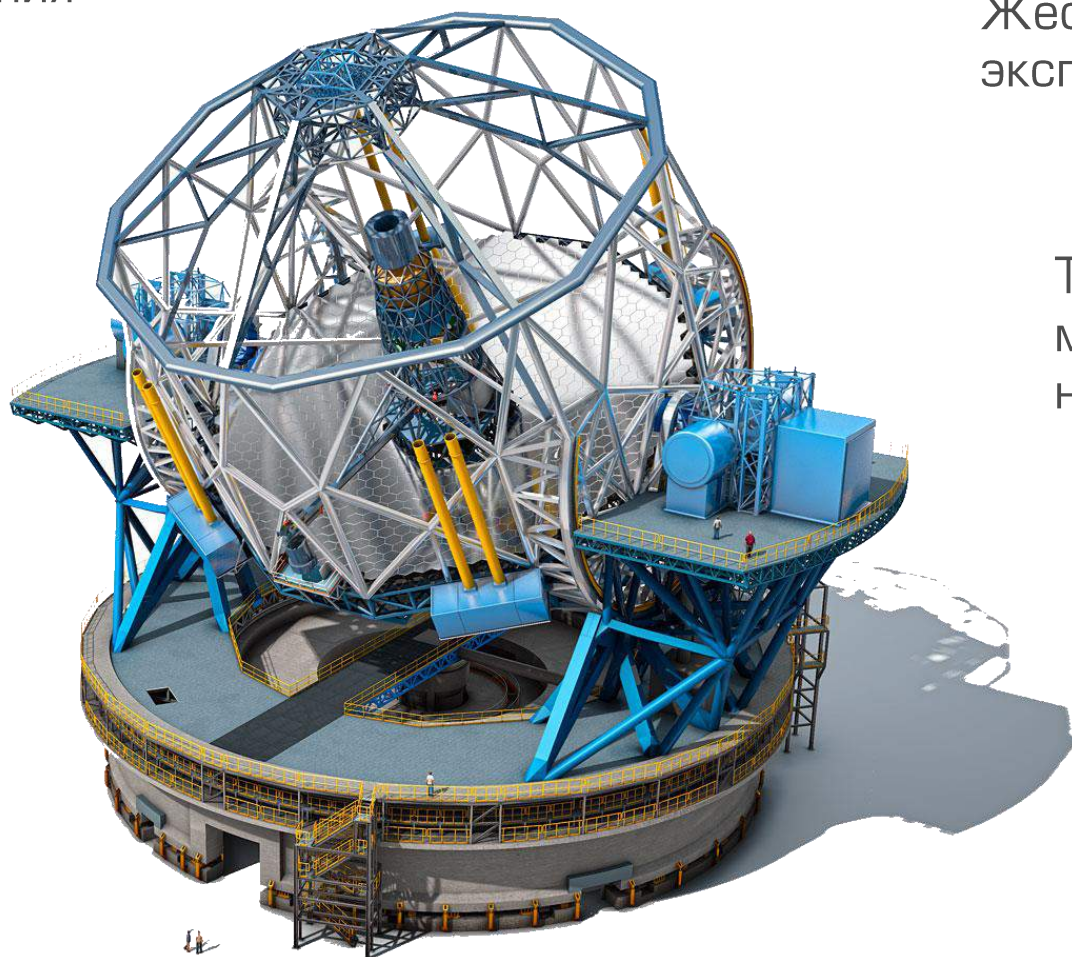
Ремонт затруднен
или невозможен

Жесткие условия
эксплуатации

Недопустим
выход на рынок
«сырого»
продукта

Тепловые и
механические
нагрузки

Нужно сократить
затраты на
производство
опытных
образцов

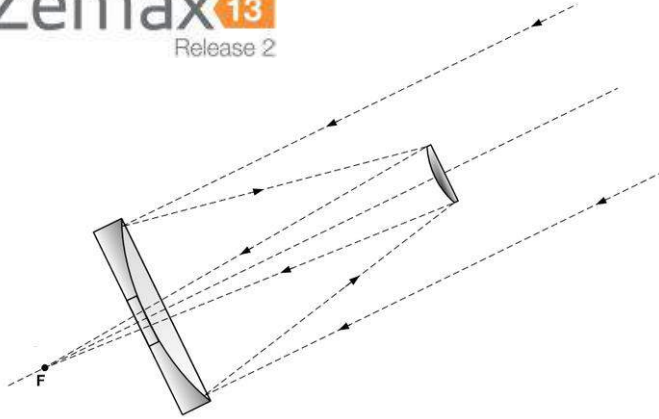


Большое число
одновременно
действующих
факторов

Проектирование оптических приборов

Идеальная оптическая система

Zemax¹³
Release 2



- Оптические элементы «висят» в воздухе
- Конструктивное окружение не принимается в расчет
- Не учитываются условия эксплуатации

Реальная оптическая система



- На оптические элементы действуют тепловые и механические нагрузки
- Оптические элементы взаимодействуют с конструктивным окружением

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗНАЧИТЕЛЬНО ОТЛИЧАЮТСЯ

Новый подход к проектированию

00FELIE::Multiphysics

Решение связанных
междисциплинарных задач

Моделирование условий эксплуатации
на стадии проектирования

Учет произвольного числа
одновременно действующих факторов

Моделирование тепловых,
гравитационных, барических нагрузок

Виртуальное моделирование –
альтернатива натурным испытаниям

Мощный решатель, основанный на
методе конечных элементов

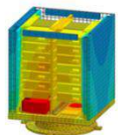
Автоматический экспорт результатов
расчета в Zemax®

Спектр возможностей OOFELIE

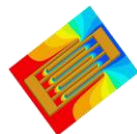
OOFELIE::Multiphysics



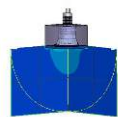
Механические воздействия



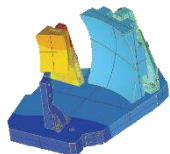
Тепловые воздействия



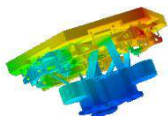
Электрические и
электромагнитные явления



Распространение
акустических волн



Температурные
деформации



Пьезоэффект, пирозэффект,
пьезорезистивность

Moldex3D

Моделирование
процессов литья из ПМ

Zemax¹³
Release 2

Расчет оптических
систем



Газо- и гидродинамика

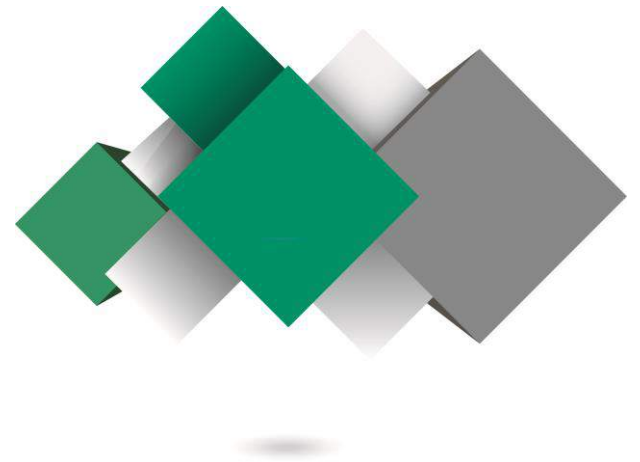


Проектирование МЭМС

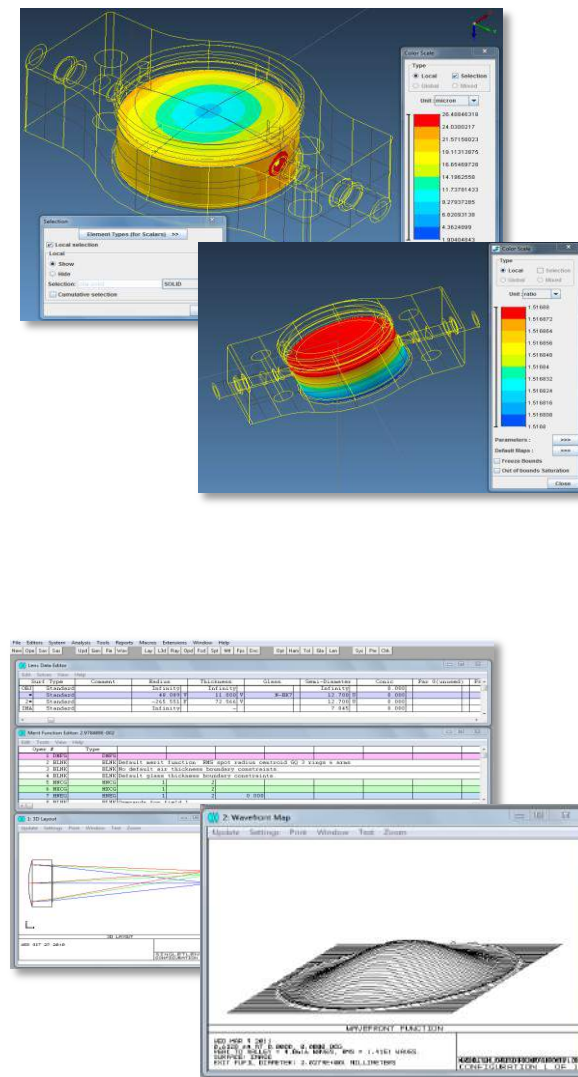
Дополнительные возможности

OOFELIE for Advanced Optics

Ключевые особенности модуля

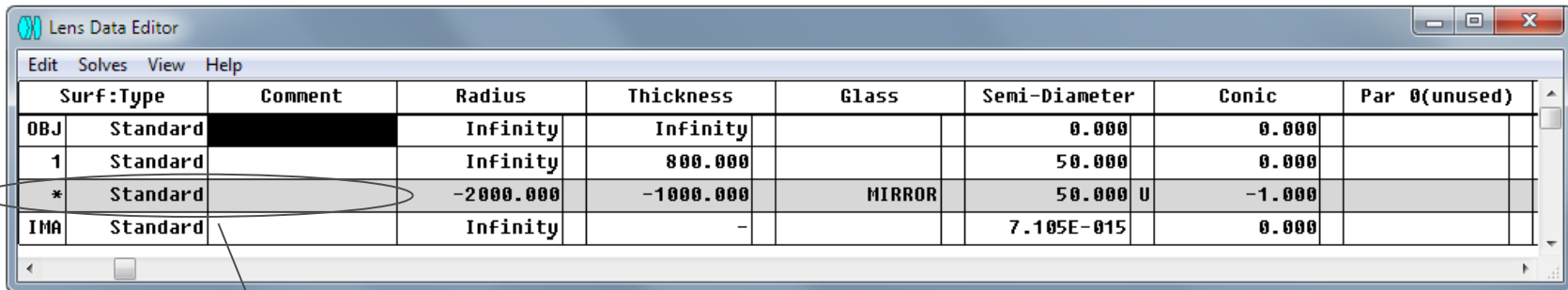


Интеграция с Zemax®

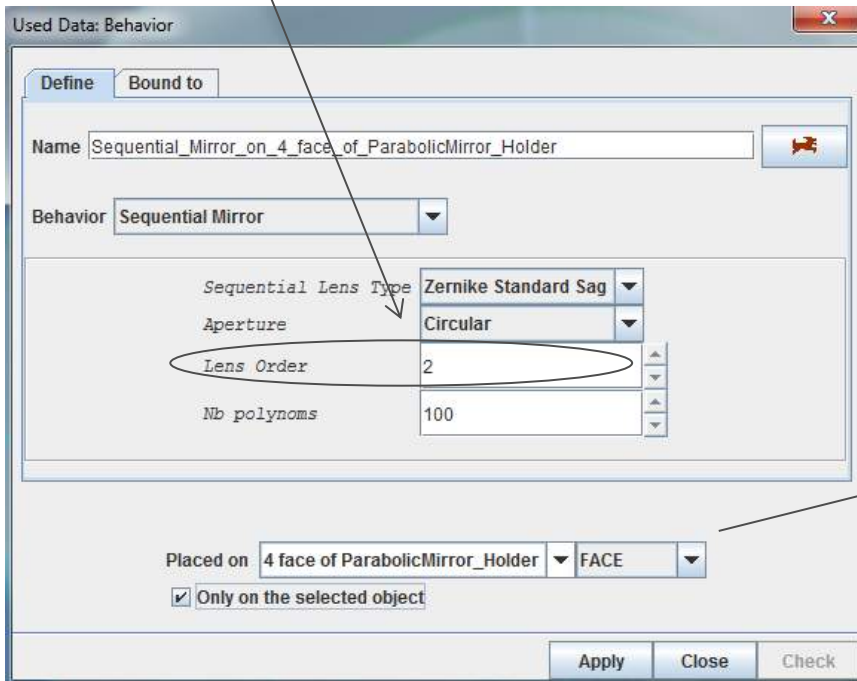


Единая расчетная модель

Для создания связи между Zemax® и OOFELIE достаточно указать в OOFELIE **номер поверхности** в модели системы в Zemax®



Surf	Type	Comment	Radius	Thickness	Glass	Semi-Diameter	Conic	Par	θ(unused)
OBJ	Standard		Infinity	Infinity		0.000	0.000		
1	Standard		Infinity	800.000		50.000	0.000		
*	Standard		-2000.000	-1000.000	MIRROR	50.000 U	-1.000		
IMA	Standard		Infinity	-		7.105E-015	0.000		



Used Data: Behavior

Define Bound to

Name: Sequential_Mirror_on_4_face_of_ParabolicMirror_Holder

Behavior: Sequential Mirror

Sequential Lens Type: Zernike Standard Sag

Aperture: Circular

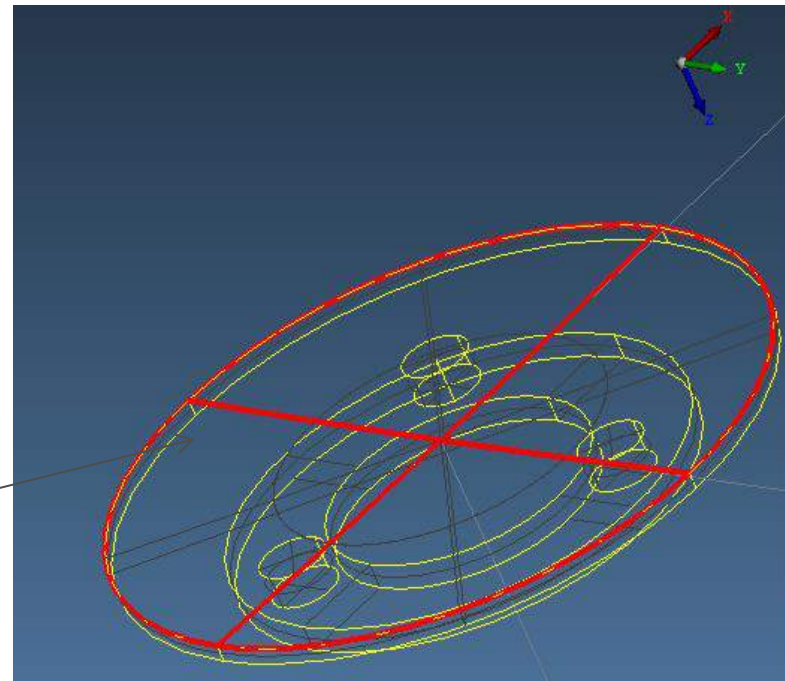
Lens Order: 2

Nb polynoms: 100

Placed on: 4 face of ParabolicMirror_Holder FACE

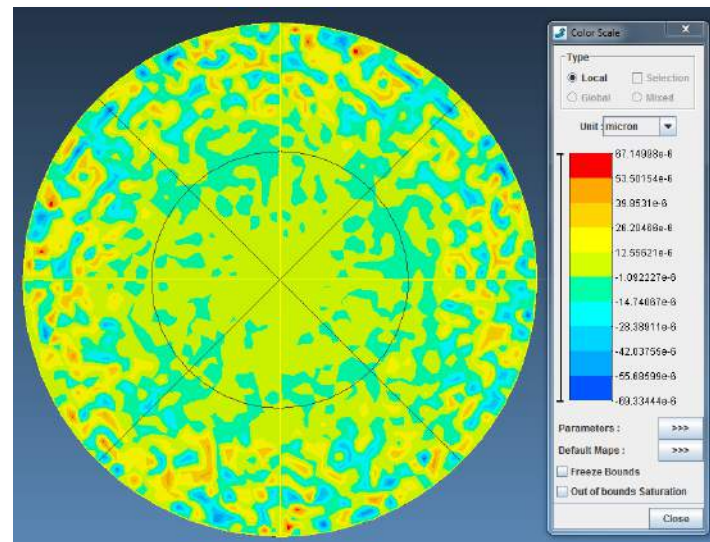
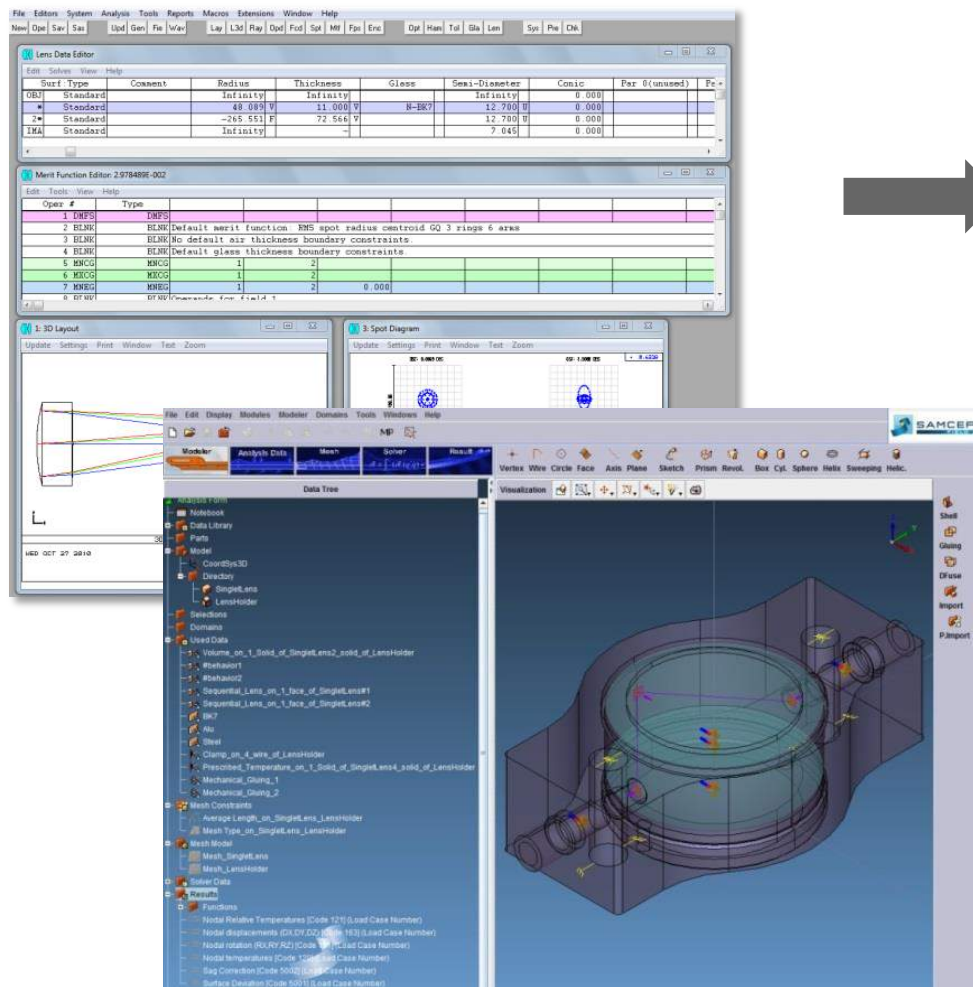
☒ Only on the selected object

Apply Close Check



Гарантированная точность

Перед выполнением расчета производится **автоматическая корректировка** конечно-элементной сетки



Sag Deviation - отклонение узлов конечно-элементной сетки от положения точек идеальной оптической поверхности

Способы экспорта деформаций

Zernike Standard до 231 полинома

- Подходит для круглых апертур, эллиптических и прямоугольных с соотношением сторон, близким к единице
- OOFELIE рассчитывает среднеквадратичную и максимальную ошибку представления деформаций поверхности с помощью полиномов Цернике

Zernike Fringe до 37 полиномов

- Используется реже, чем Zernike Standard, из-за малого числа полиномов

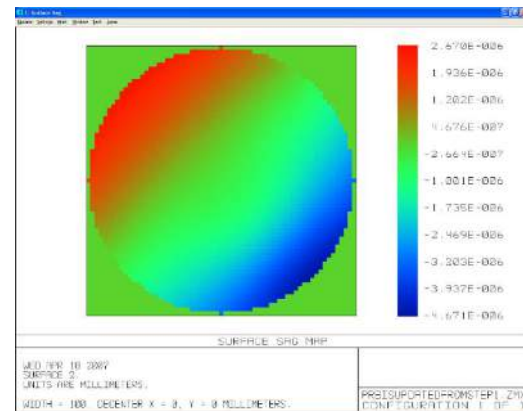
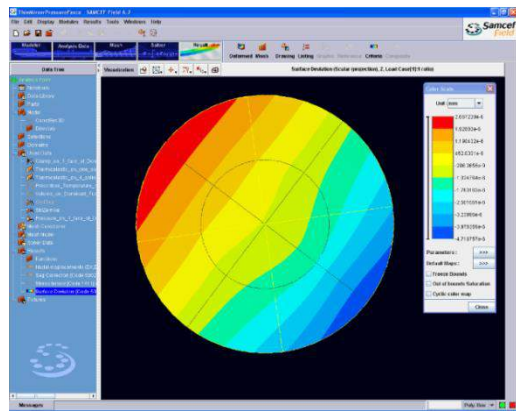
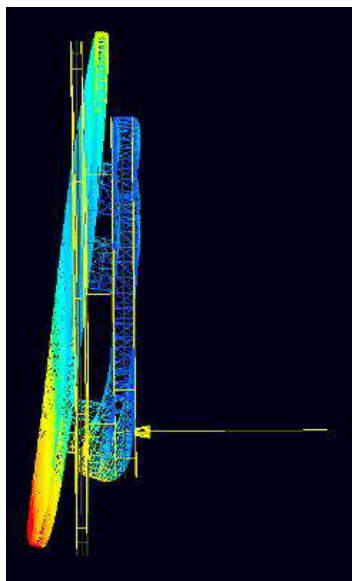
Grid Sag массив значений

- Подходит для всех типов апертур
- Точный результат при любой форме поверхности
- Требуется очень плотной сетки

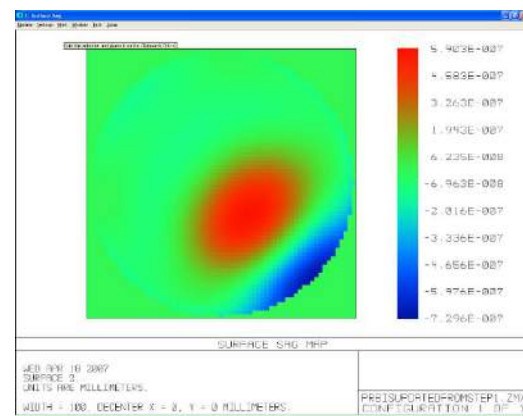
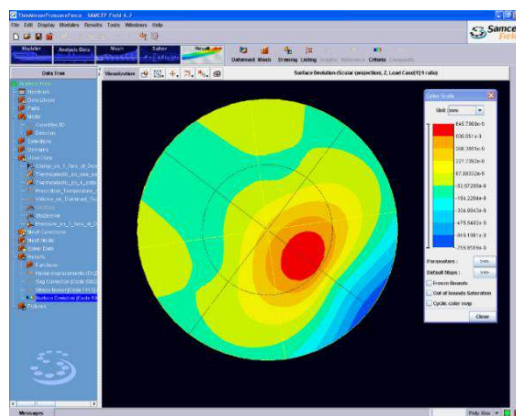
Твердотельное движение модели

Возможность отделить твердотельное движение модели от деформаций оптической поверхности при экспорте в Zemax®

Полные деформации

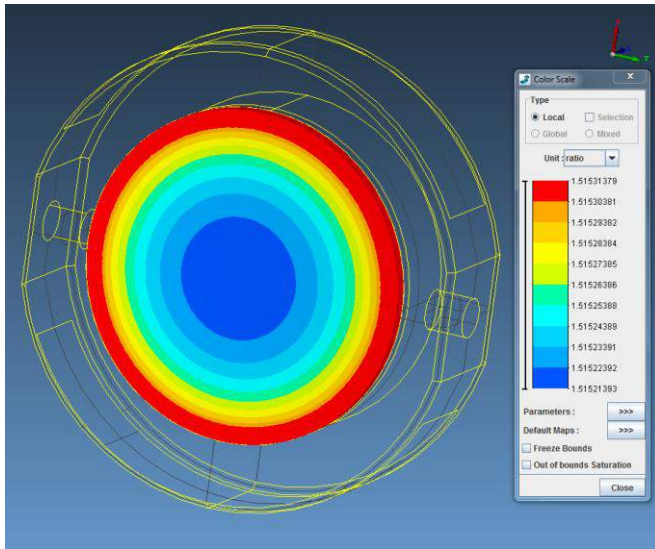


Упругие деформации
(без учета RBM)

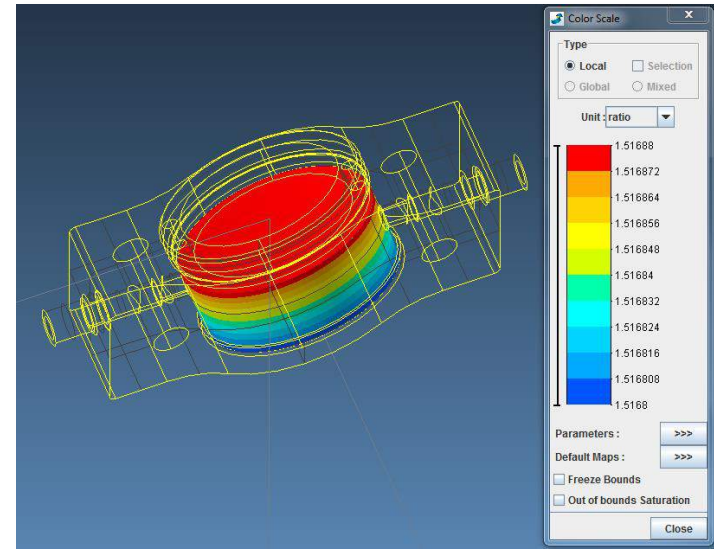


Расчет показателя преломления

Расчет и визуализация **градиента показателя преломления**, возникающего вследствие неравномерного нагрева оптической среды



Радиальный градиент

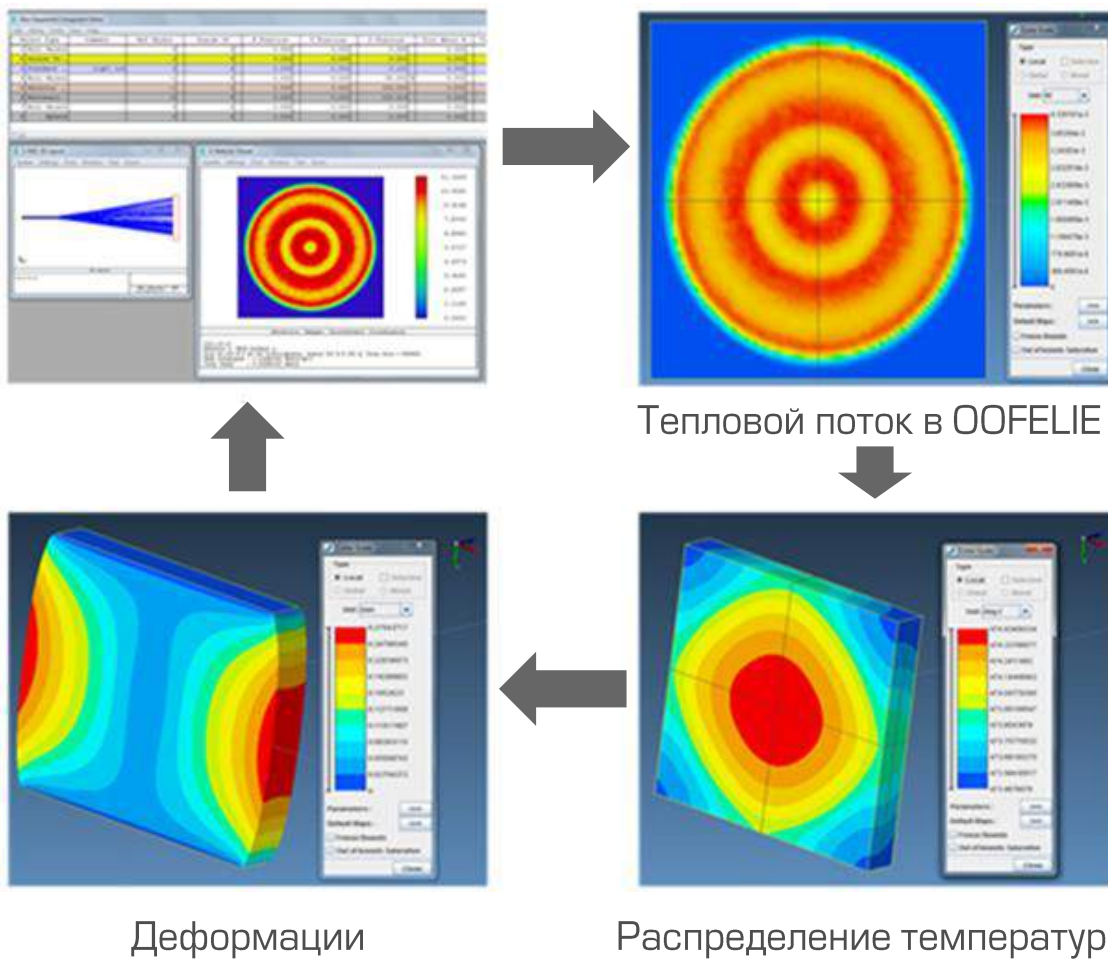


Осевой градиент

Экспорт в Zemax® реализован с помощью пользовательской поверхности, позволяющей комбинировать деформации и распределение показателя преломления

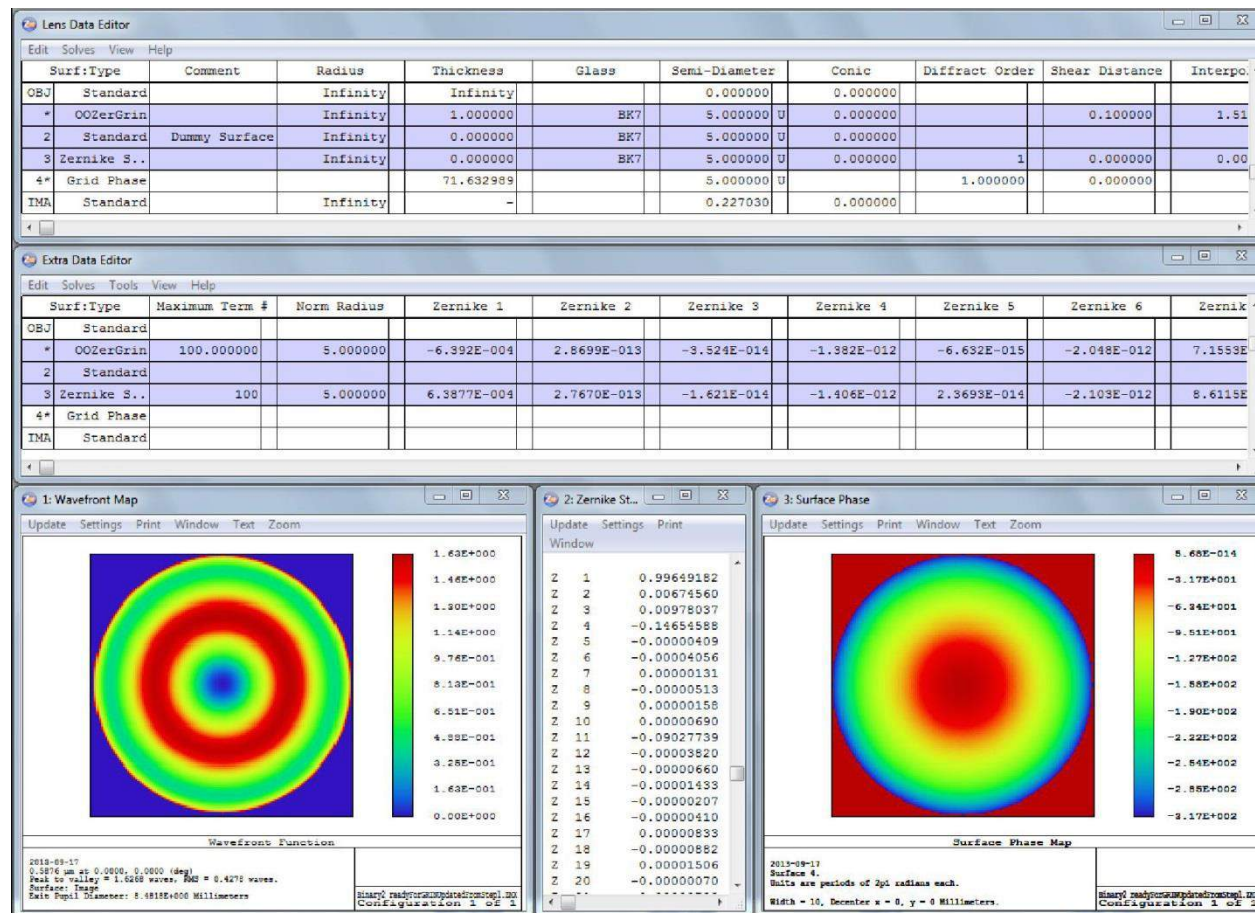
Нагрев под действием света

В качестве исходных данных выступает результат расчета в Zemax®, полученный в режиме непоследовательной трассировки лучей с помощью детекторов, способных записывать данные об **ИНТЕНСИВНОСТИ** падающего на них **потока излучения**



Деформации дифракционных элементов

- OOFELIE позволяет моделировать температурные и механические деформации дифракционных элементов
- Исходная поверхность типа Binary Optic преобразуется в Grid Phase



- Распределение показателя преломления в оптической среде
- Деформации поверхностей линзы
- Сетка фазовых величин – представление прогиба поверхности как фазовой задержки волнового фронта в радианах

Полимерная оптика

- Moldex3D® – программный продукт для моделирования процесса литья полимерных изделий
- OOFELIE позволяет передать результаты моделирования из Moldex3D в Zemax® и использовать данные о распределении показателя преломления в полимерном материале линзы и о ее короблении при анализе оптической системы

Moldex3D

OOFELIE::Multiphysics

Zemax 13
Release 2

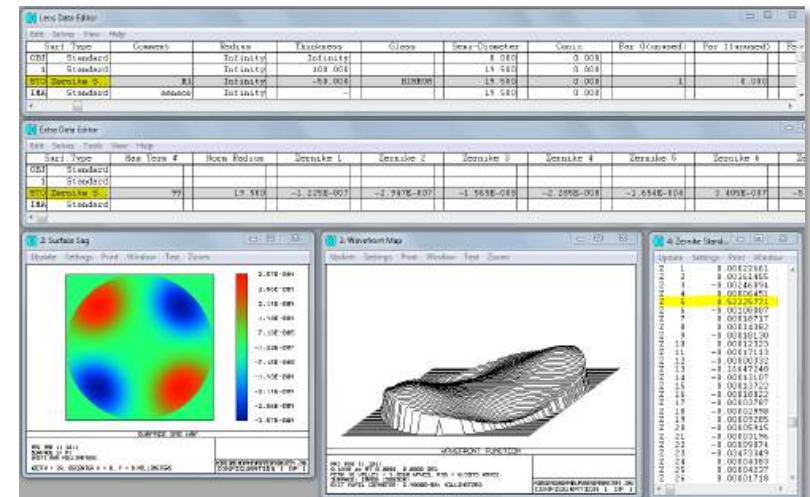
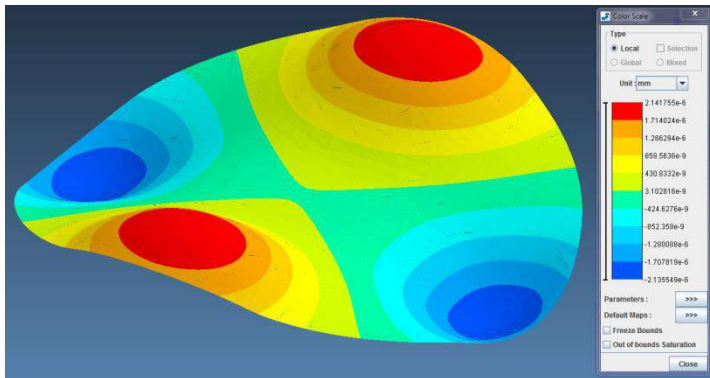
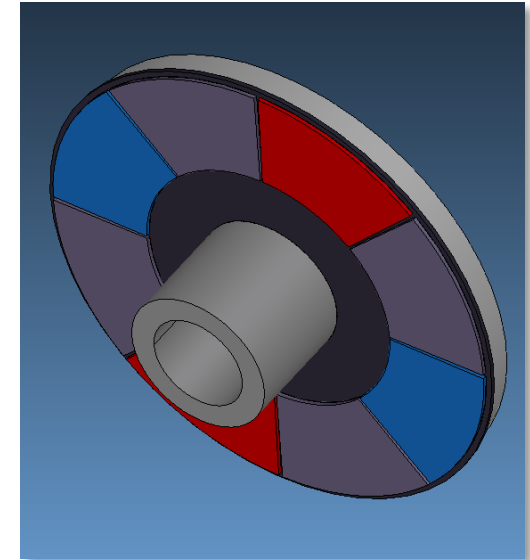
Коробление, остаточные
напряжения, распределение
показателя преломления

Идеальная оптическая система:
желаемые оптические
характеристики

Оптическая модель системы с
учетом технологии
изготовления: реальные
оптические характеристики

Адаптивная оптика

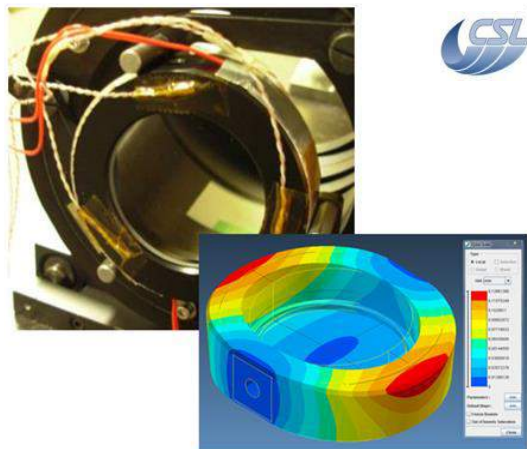
- Моделирование адаптивных оптических систем с пьезоэлектрическими, электростатическими или электромагнитными приводами
- Создание эквивалентных редуцированных моделей компонентов изделия для сокращения затрат машинного времени при расчете конструкции целиком
- Встроенные возможности проектирования системы управления приводами



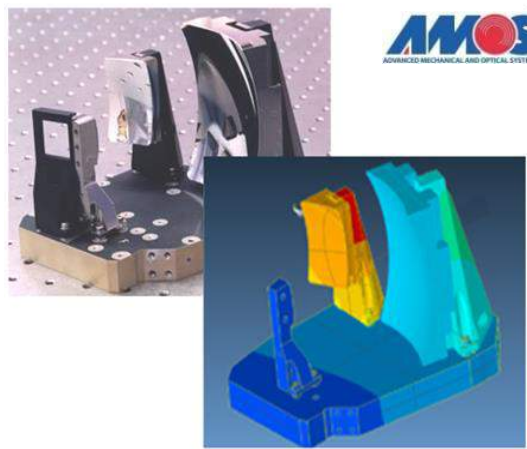
Примеры решения задач



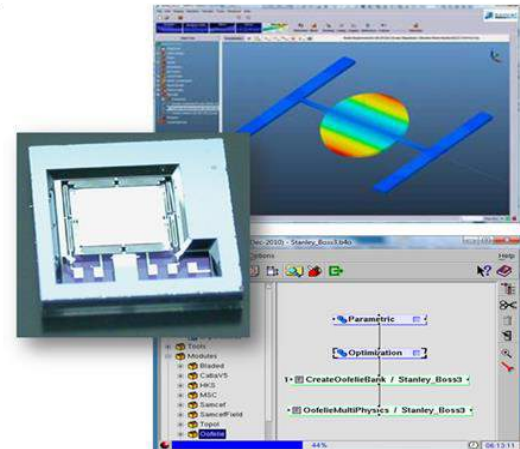
Температурные деформации линзы в оправе



Температурные деформации зеркал телескопа



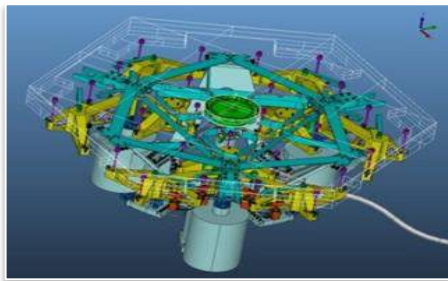
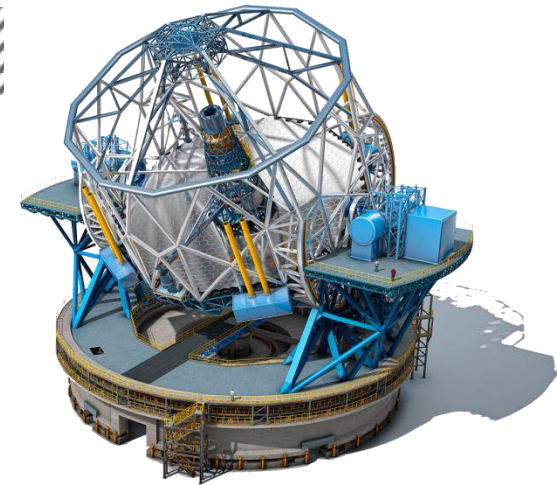
Оптимизация формы и размеров микрозеркала



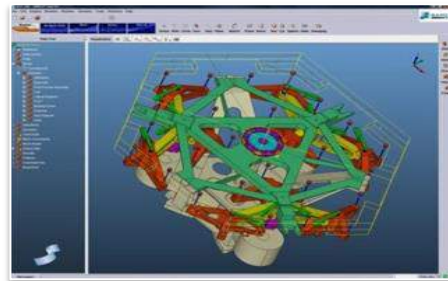
Сегмент главного зеркала телескопа

E-ELT (European Extremely Large Telescope)

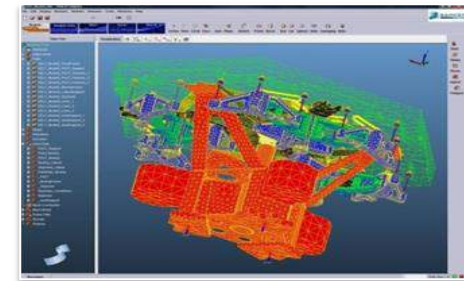
- Проект компании ESO (Германия)
- Год окончания строительства - 2022
- Параметры главного зеркала:
 - Диаметр – 39,3 м
 - Число сегментов – 798
 - Размер сегмента – 1,45 м, толщина – 50 мм
 - Управление формой зеркала - 6 000 актюаторов



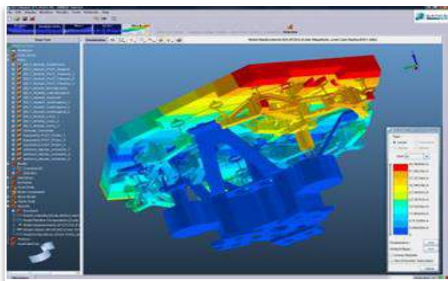
3D модель



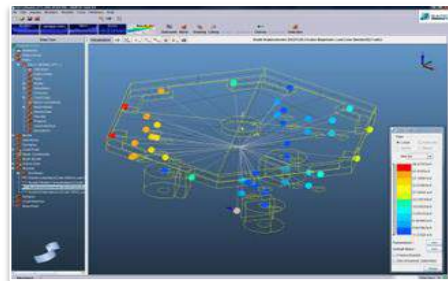
Упрощенная 3D модель



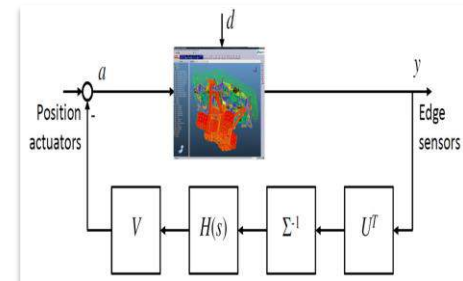
КЭ сетка и граничные условия



Результат расчета



Эквивалентная модель

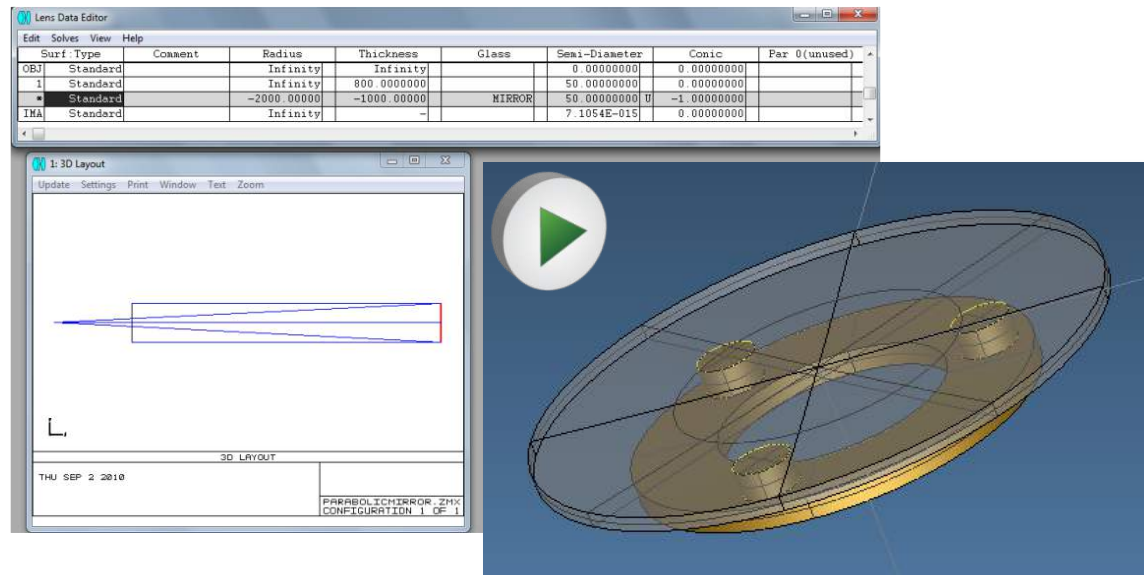


Разработка системы управления

Пример расчета

Анализ гравитационных деформаций параболического отражателя

- Построение расчетной модели
- Установка связи между моделью оптической системы в Zemax® и трехмерной моделью конструкции прибора в OOFELIE
- Выполнение расчета
- Экспорт результатов в Zemax®
- Анализ результатов расчета конструкции



00FELIE::Multiphysics

- Образует вместе с Zemax® единую интегрированную среду проектирования оптико-механических приборов
- Применяется для проектирования изделий любых размеров и сложности: от МОЭМС до телескопов
- Позволяет оптимизировать затраты на проектирование изделия

Спасибо за внимание!



Наталия Демкович

Ведущий инженер
СП ЗАО "Би Питрон"

тел.: +7 (812) 740-18-00, доб. 298

моб.: +7 (911) 759-28-14

dna@beepitron.com

www.beepitron.com

