

ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ В СИСТЕМЕ ANSYS

Ansys is used for investigating the lens deformation.

1. Общие сведения об Ansys

Ansys – это многоцелевой конечно-элементный пакет для проведения анализа в широком круге инженерных дисциплин (прочность, теплофизика, динамика жидкостей и газов и электромагнетизм).

Данный пакет состоит из трех основных частей: препроцессор, солвер и постпроцессор. Препроцессор Ansys позволяет создавать геометрические модели собственными средствами и импортировать готовые. Геометрическая модель в дальнейшем может быть модифицирована любым образом, поскольку при импорте осуществляется перетрансляция данных в геометрический формат Ansys. В препроцессоре, кроме построения геометрической модели, также осуществляется задание всех параметров, необходимых для расчета (тип конечных элементов и размер сетки, граничные условия и приложенные нагрузки и т. д.).

После того как заданы все исходные величины, выполняется расчет солвером. Полученные в результате вычисления данные в постпроцессоре преобразуются в удобный для оператора вид. Например, можно отобразить деформированное состояние исследуемой детали или показать распределение напряжения закрашиванием модели в различные цвета, каждому из которых приводится в соответствии определенное значение напряжения.

В данной статье будет приведено решение двух задач в пакете Ansys: прогиб линзы под действием собственного веса и оптимизация крепления.

2. Расчет прогиба линзы под действием собственного веса

Задача состоит в том, чтобы определить профили обеих граней деформированной под действием собственного веса линзы, опирающейся на кольцо (рис. 1). Недеформированная линза имеет сферические поверхности, радиусы которых и остальные размеры приведены на рисунке в миллиметрах. Опора считается недеформируемой.

Возможности Ansys позволяют решать осесимметричные трехмерные задачи как двумерные, что дает возможность существенно снизить скорость вычислений даже при значительном уменьшении размеров конечных элемен-

тов. Поэтому геометрическое построение сводится к изображению половины сечения линзы, которое легко получается логическим пересечением двух окружностей и прямоугольника.

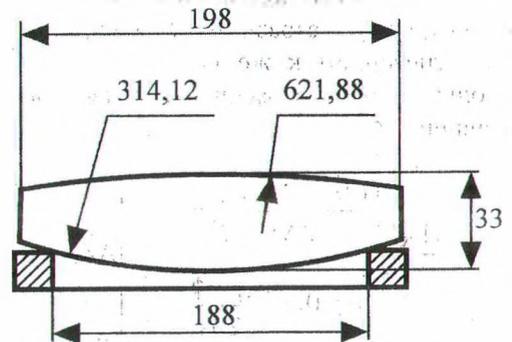


Рис. 1

Граничные условия, имитирующие опору на кольцо, задаются путем закрепления по оси Y (вдоль оси линзы) точки линзы в месте ее касания с кольцом. Для корректного решения следует еще закрепить любую точку на оси линзы по оси X (перпендикулярно Y). Однако такое закрепление отличается от моделируемого тем, что при опоре на кольцо вследствие прогиба точка касания остается неподвижной относительно глобальной системы координат и немного перемещается по грани линзы, отдаляясь от ее центра. В то время как при указанном выше закреплении, наоборот, точка касания может перемещаться относительно глобальной системы координат, оставаясь неподвижной на грани линзы. Такое отличие требует повторного решения задачи со смещением точки опоры от оси линзы на величину ее перемещения по X (полученное в результате первого решения).

В качестве конечного элемента выбран восьмиузловой structural solid 8node 82. Разбиение выполнялось упорядоченным.

На рис. 2 показано решение поставленной задачи и изображено деформированное состояние линзы (для наглядности масштаб деформации гораздо больше масштаба изображения) и одинаковым цветом закрашены участки, которые переместились на одно и то же расстояние (шкала соответствия цвета перемещению внизу рис. 2).

Максимальное перемещение на оси линзы 39,75 нм, точки касания сместились по оси X 2,13 нм и при повторном решении со смещением точек касания результаты изменились так мало, что можно считать верным первое решение.

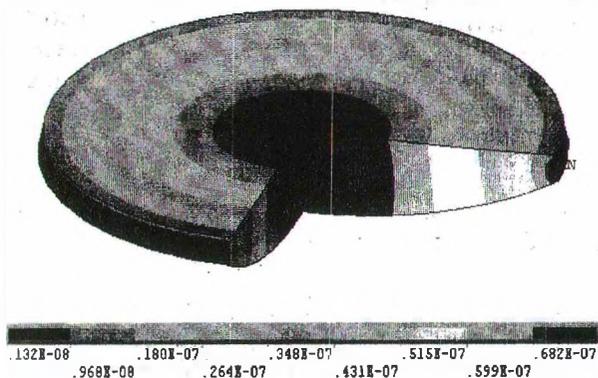


Рис. 2

Для оценки изменения толщины линзы числовые данные через программу Excel импортируются в MathCAD. На рис. 3 приведен график перемещения точек верхней грани вдоль оси X (сплошная линия) и вдоль оси Y (пунктирная линия) от их первоначального положения по оси X .

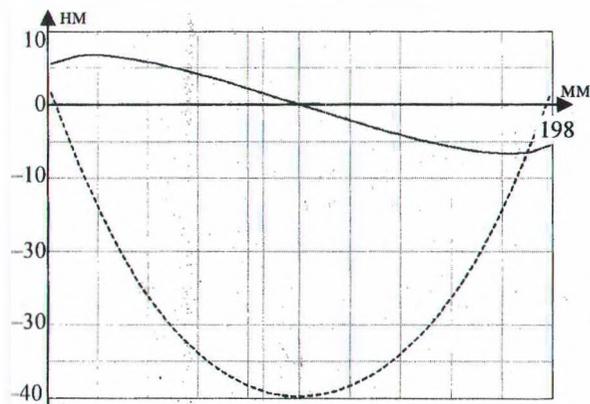


Рис. 3

На рис. 4 приведены перемещения точек нижней грани линзы аналогично рис. 3.

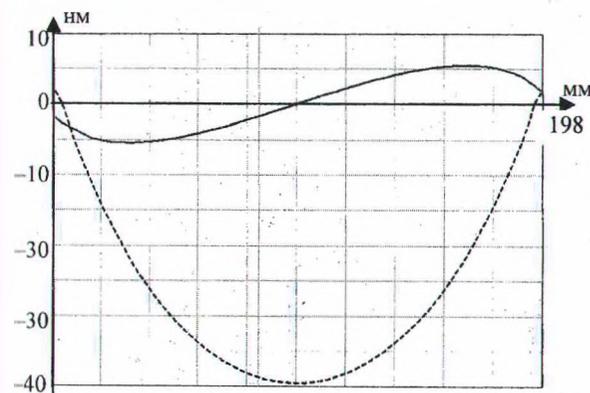


Рис. 4

Для определения изменения толщины линзы сначала необходимо аппроксимировать табличные данные функцией. В MathCAD есть стандартная функция для кусочно-линейной аппроксимации – $\text{interp}()$. Таким образом, ап-

проксимировав все табличные значения, мы получим четыре функции:

- $Xv(r)$ – зависимость перемещения узлов верхней грани вдоль оси X от координаты X ;
- $Yv(r)$ – зависимость перемещения узлов верхней грани вдоль оси Y от координаты X ;
- $Xn(r)$ – зависимость перемещения узлов нижней грани вдоль оси X от координаты X ;
- $Yn(r)$ – зависимость перемещения узлов нижней грани вдоль оси Y от координаты X .

На основе этих функций можно получить зависимость изменения толщины линзы от координаты X :

$$Rez(r) = Yv(r - Xv(r)) - Yn(r - Xn(r)).$$

График, построенный по полученной функции, представлен на рис. 5.

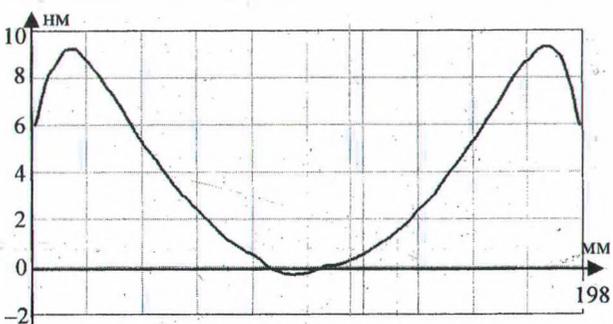


Рис. 5

Результаты показали, что деформация данной линзы под действием собственного веса не повлияет на качество работы объектива, в состав которого она входит. Используя сохраненную при первом вычислении последовательность команд Ansys, можно получать подобные результаты для двояковыпуклых линз, опирающихся на кольцо любых размеров в течение примерно 10 мин.

3. Оптимизация креплений

В данной задаче предполагается, что недеформируемая плита, расположенная в горизонтальной плоскости соединяется с неподвижными стенками через специальные крепления (рис. 6), которые, изгибаясь в тонких перешейках между отверстиями, позволяют плите перемещаться по одной координате под действием силы F , приложенной к середине плиты. Оптимизация заключается в определении минимальной ширины перешейка между отверстиями в креплениях, чтобы при перемещении плиты на 150 мкм напряжения в креплениях не достигали бы предела текучести.

Толщина плиты и крепления – 18 мм, расстояние между двумя парами отверстий одного крепления – 20 мм, диаметр всех отверстий – 4 мм, материал – сталь с модулем Юнга $2 \cdot 10^{11}$ Па и коэффициентом Пуассона 0,29.

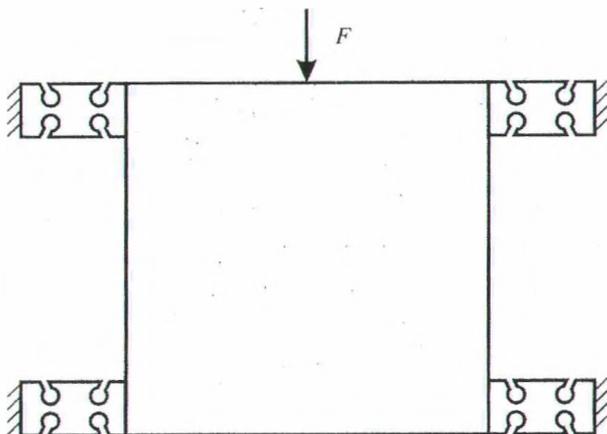


Рис. 6

Данную задачу, как и предыдущую, также можно решать как плоскую, задав в характеристиках конечных элементов толщину 18 мм, что значительно сократит время расчета и позволит повысить точность вычислений, увеличив количество конечных элементов. Кроме того, из условия видно, что вовсе необязательно рассматривать всю конструкцию, а достаточно изобразить лишь одно крепление и учесть, что сила, необходимая для смещения одной из граней крепления на 150 мкм, должна быть увеличена в 4 раза для перемещения всей плиты, т. к. при этом необходимо согнуть четыре крепления. Таким образом, модель, которая будет построена в Ansys, показана на рис. 7.

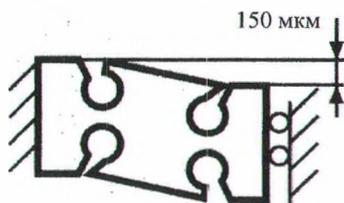


Рис. 7

Геометрическая модель в Ansys строится логическим вычитанием окружностей из прямоугольника, причем расстояние между окружностями будет уменьшаться в каждом из вычислений, пока максимальное напряжение не достигнет предела текучести.

При задании граничных условий левую грань шарнира закрепляем по всем степеням свободы, а для правой указываем перемещение 150 мкм, как показано на рис. 7.

Таким образом, уменьшая ширину перешейка между отверстиями от 2 мм и определяя максимальное значение напряжения, получаем, что предел текучести достигается при ширине перешейка в 0,8 мм.

Для сравнения результатов можно построить эту же модель в трехмерном варианте.

На рис. 8 показано распределение напряжений в объеме крепления.

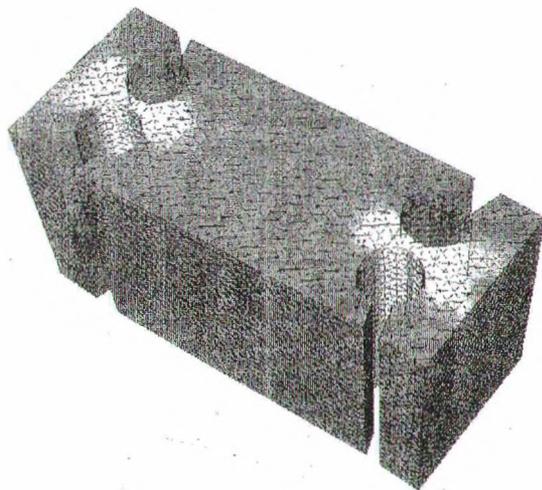


Рис. 8

Таким образом, показано, как при помощи пакета Ansys можно решать задачи, связанные с определением профилей деформированных тел на примере линзы и задач оптимизации на примере определения толщины перешейка в креплении. Причем, один раз решив задачу с линзой, можно проводить аналогичные расчеты за достаточно малое время.

Литература

1. Каплун А. Б., Морозов Е. М. Олферьева М. А. Ansys в руках инженера: Практическое руководство. – М.: УРСС, 2003.
2. Чигарев А. В., Кравчук А. С., Смалюк А. Ф. Ansys для инженеров: Справ. пособие. – М.: Машиностроение-1, 2004.
3. Введение в компьютерный конструкционный анализ: Методические указания по курсу «Компьютерная диагностика» / О. М. Огородникова. – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2001.
4. Кирьянов Д. А. Самоучитель Mathcad 2001. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2003.