

Белорусский государственный медицинский университет, Минск
 Белорусский государственный университет, Минск

КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОРТОДОНТИЧЕСКОГО АППАРАТА

Доста А.Н., Босяков С.М., Юркевич К.С.

In the present paper results of modeling and calculation strain - deformed conditions of the orthodontic device with four crowns, executed in a finite - element package Ansys and Ansys Workbench are submitted.

Одной из основных проблем современной ортопедической стоматологии является проектирование конструкций, учитывающих индивидуальные особенности пациента [1]. В этом направлении востребованным представляется проведение вычислительного эксперимента с применением конечно-элементных программных комплексов, которые позволяют определить напряженно-деформированное состояние элементов и узлов механических систем с учетом их реальных геометрических размеров и формы, условий нагружения и закрепления, физико-механических свойств материалов, используемых в конструкции [2]. В настоящей работе представлены результаты моделирования и конечно-элементного расчета напряженно-деформированного состояния ортодонтического аппарата, выполненных средствами пакетов ANSYS и Ansys Workbench.

Поскольку каждый ортодонтический аппарат проектируется с учетом индивидуальных особенностей строения челюсти и зубов конкретного пациента, представляется целесообразной разработкой параметризованных моделей ортодонтических аппаратов, генерация которых осуществляется на основании определенной совокупности геометрических параметров. В частности, параметризация модели ортодонтического аппарата может быть выполнена по координатам центров оснований четырех цилиндрических насадок и точки, лежащей посередине винта, разжимающего пластинки. Реальный ортодонтический аппарат с обозначением характерных точек представлен на рис. 1.

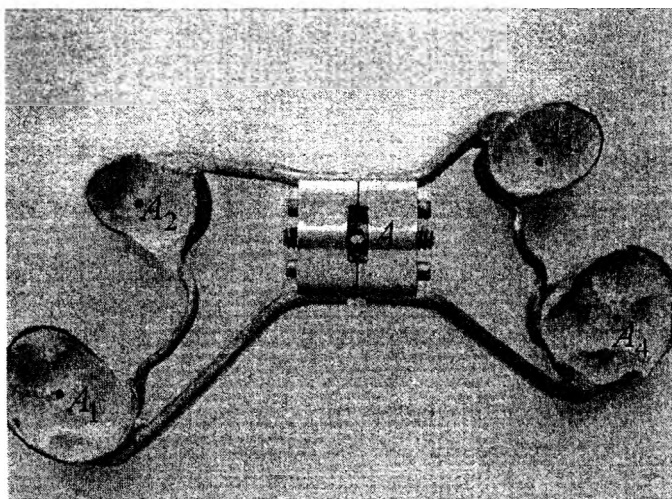


Рис. 1. Реальная конструкция ортодонтического аппарата
 (A_i - центры оснований насадок аппарата, $i = \overline{1, 4}$,
 A - точка, находящаяся посередине разжимающего винта)

При изменении координат опорных точек A_i и A изменяются как геометрические размеры стержней, так и их положение в пространстве.

С опорными точками далее связывается построение всех кривых и объемных элементов модели, причем построение кривых (стержней) осуществляется на основании прямых линий и сплайнов, а создание объемных элементов модели (насадок и пластин) выполняется с помощью геометрических примитивов комплекса ANSYS. При построении стержней необходимо также задавать поперечное сечение каждого стержня, располагая его в точке контакта стержня и пластины. При этом рабочая система координат переносится в соответствующую опорную точку и поворачивается на необходимый угол. Генерация объема проводится посредством вытягивания поперечного сечения вдоль построенной ранее опорной кривой. Результат построения трехмерной модели ортодонтического аппарата в пакете ANSYS представлен на рис. 2.

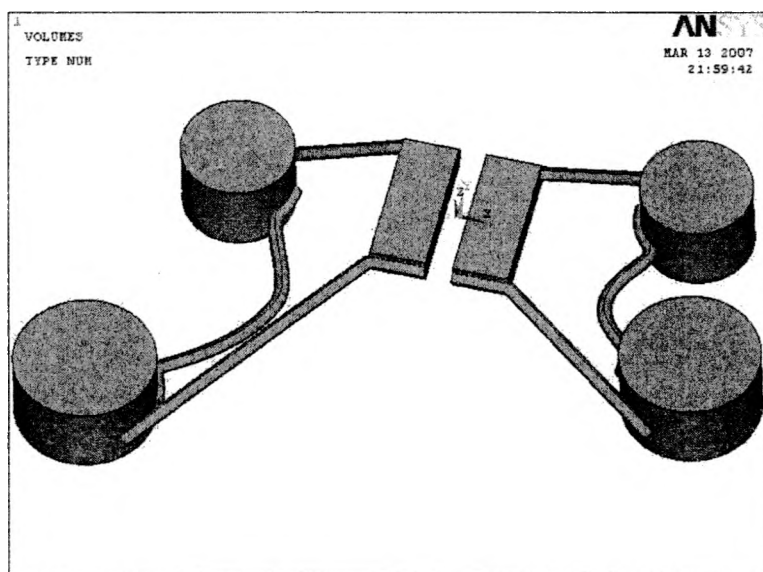


Рис. 2. Трехмерная модель ортодонтического аппарата, построенная в программе ANSYS

Отметим, что экспорт полученной трехмерной модели аппарата осуществляется в программную среду ANSYS Workbench в виде графического файла с расширением *iges*.

Следующим этапом расчета ортодонтического аппарата в пакете ANSYS Workbench является разбиение ее на конечные элементы. В нашем случае стержни конструкции разбились на большее количество элементов по сравнению с остальными элементами модели. Такой подход к созданию конечно-элементной сетки позволяет значительно уменьшить время расчета и сэкономить ресурсы ЭВМ. Дискретная модель ортодонтического аппарата в пакете ANSYS Workbench представлена на рис. 3.

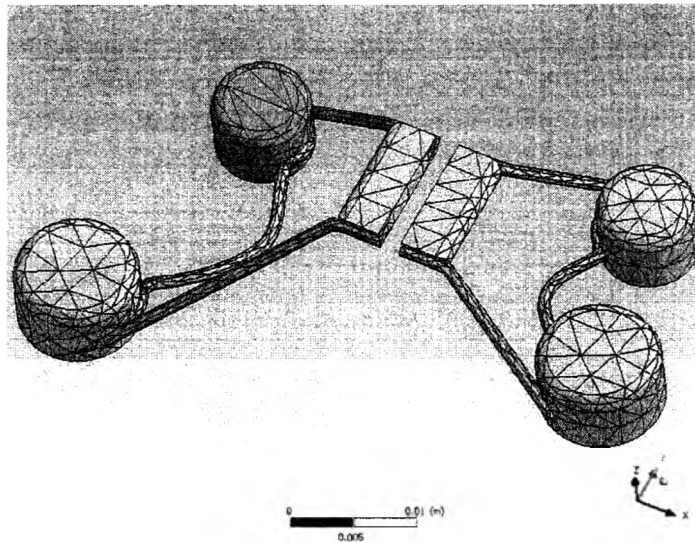


Рис. 3. Дискретная модель ортодонтического аппарата в программе Ansys Workbench.

Отметим, что представленная на рис. 3 конечно-элементная модель ортодонтического аппарата состоит из 13834 узлов и 8584 конечных элементов.

Граничные условия, накладываемые на модель, соответствуют случаю жесткого закрепления оснований насадок. Каждой пластинке задавались перемещения вдоль оси абсцисс противоположные по направлению и равные 1 мм, которые являлись единственной степенью свободы для данного элемента конструкции. Свойства материала, из которого изготовлен аппарат, описываются следующими материальными константами: модуль упругости $E=200$ ГПа, коэффициент Пуассона $\nu=0.3$, плотность $\rho=7850$ кг/м³.

В результате расчета модели с учетом граничных условий получены распределения эквивалентных напряжений и суммарных перемещений. В частности, на рис. 4 представлено распределение суммарных перемещений в ортодонтическом аппарате для случая перемещения пластинок аппарата на 1 мм друг относительно друга.

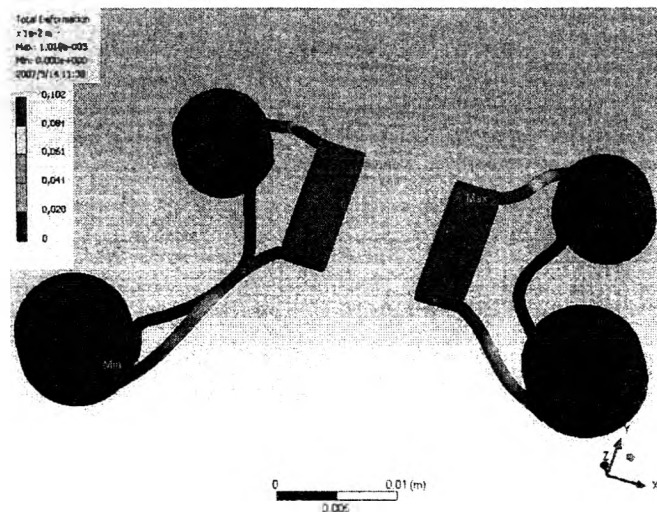


Рис. 4. Распределение суммарных перемещений в ортодонтическом аппарате при предельном перемещении пластинок

Важным с практической точки зрения представляется визуализация векторного поля перемещений, представленного на рис. 5, которое указывает направления и значения перемещений точек ортодонтического аппарата и позволяет стоматологу-ортопеду спрогнозировать поведение зубов пациента под действием аппарата, а также выполнить более точную и эффективную настройку конструкции.

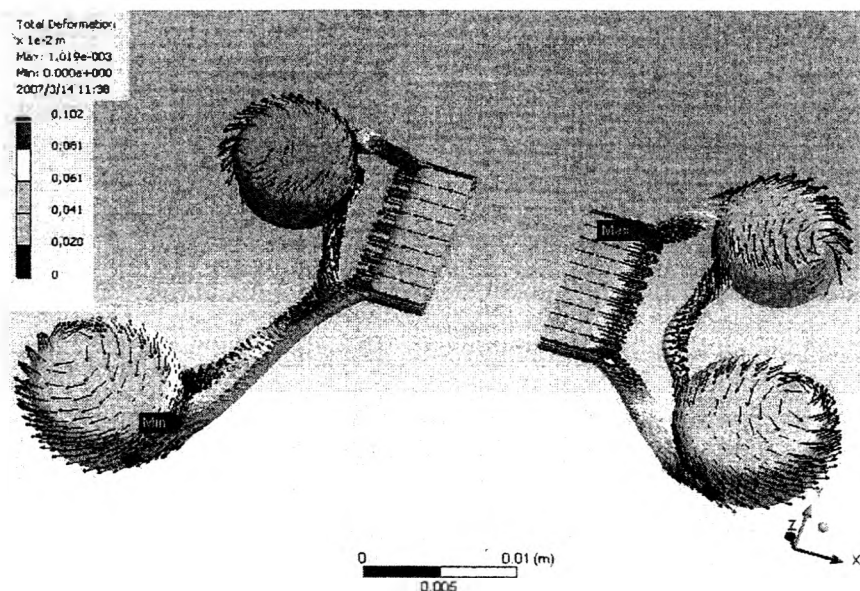


Рис. 5. Векторное поле перемещений

Полученные результаты могут быть использованы в ортопедической стоматологии для внесения индивидуальных изменений в проектируемую конструкцию аппарата, оперативной оценки напряженно-деформированного состояния и необходимости дальнейшего усовершенствования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по ортодонтии / Под ред. Ф.Я. Хорошилкиной. – М.: Медицина, 1999. – 800 с.
2. Чигарев, А. В., Кравчук, А. С., Смоляк. ANSYS для инженеров. - М.: Машиностроение-1. 2004. – 466 с.