

Н.А. Балакина, А.И. Балакин, М.А. Мезина, Д.Н. Бочко, В.М. Цыганкова  
(г. Севастополь, Севастопольский государственный университет)  
N.A. Balakina, A.I. Balakin, M.A. Mezina, D.N. Bochko, V.M. Tsygankova (Sevastopol,  
Sevastopol State University)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР ДЛЯ АНАЛИЗА НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КЛЮЧЕЙ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ**

### **USING CAD FOR STRESS ANALYSIS IN THE DESIGN OF KEYS FOR ORTHOPEDIC INSTRUMENTS**

*Рассмотрены возможности использования Autodesk Inventor для анализа напряжений при проектировании ключей для ортопедических инструментов. Показаны этапы выполнения моделирования. Выполнен анализ напряжений одного из ключей, предварительно подтвердивший соответствие разработанной конструкции требованиям, предъявляемым к таким изделиям.*

*The possibilities of using Autodesk Inventor for stress analysis in the design of keys for orthopedic instruments are considered. The stages of the simulation are shown. A stress analysis of one of the keys is performed, which previously confirmed the compliance of the developed design with the requirements for such products.*

*Ключевые слова: метод конечных элементов, анализ напряжений, Autodesk Inventor, ключ для ортопедических инструментов.*

*Keywords: finite element method, stress analysis, Autodesk Inventor, key for orthopedic instrument.*

При конструировании нагруженных объектов часто возникает задача по проведению прочностных расчетов. В настоящее время для этих целей широко используется метод конечных элементов. Суть метода заключается в аппроксимации сплошной среды с бесконечно большими числами степеней свободы совокупностью элементов, имеющих конечные числа степеней свободы. Между этими элементами устанавливается взаимосвязь. Для использования метода конечных элементов для каждого элемента задают функции формы, позволяющие определять перемещение внутренней области элемента по отношению к перемещению в узлах, т.е. точках, где происходит соединение отдельных конечных элементов. При этом необходимо определить возможные независимые перемещения узлов конечно элементной модели. Таким образом, такая модель представляет собой систему закрепленных узлов, при этом дополнительные связи соотносят с направлением возможных перемещений узлов. Известно, что для достижения точности результатов необходимо уменьшать размеры конечных элементов

или их форму – это позволяет увеличивать точность аппроксимации геометрических характеристик в пределах конечного элемента.

Для применения данного метода на практике необходимо разбираться в теории механики, программировании, математики или же использовать существующие программные продукты.

Одним из продуктов, позволяющих сократить время проектирования изделия, является Autodesk Inventor. В состав этого программного комплекса входит среда для анализа напряжений основанная на использовании метода конечных элементов. Данная среда не позволяет менять форму конечных элементов, однако за счет уменьшения их размеров можно получать точные решения для относительно несложных конструкций [1-2].

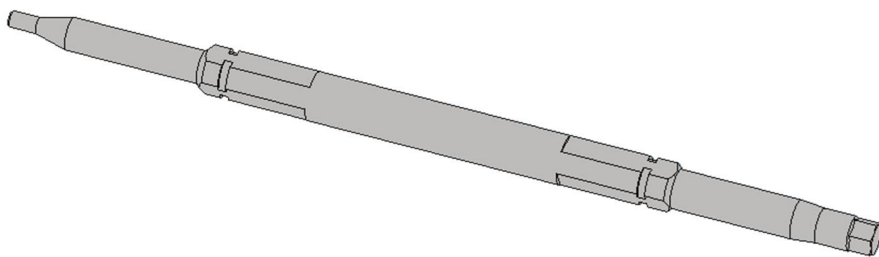
Рассмотрим использование данной среды для анализа напряжений при проектировании ключей ортопедических инструментов. Данные ключи используются для установки и извлечения металлических винтов, применяемых в качестве хирургических имплантатов в костной хирургии. При проектировании этих изделий важной задачей является оценка прочности их рабочей части.

Для проведения прочностного анализа была построена твердотельная модель, представленная на рис. 1.

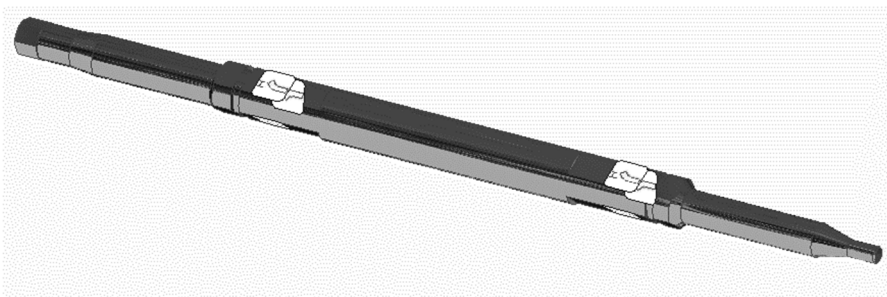
После построения модели детали и задания ее материала переходим в среду Анализ напряжений. В данной среде задаем схему нагружения ключа. В среде создаем новое моделирование. Задаёмся условиями закрепления, используя команду Зависимость фиксации. В качестве контуров закрепления выбираем лыски (рис. 2).

Далее необходимо задать силы нагружения, в данном случае задаем крутящим моментом (рис.3). Согласно ГОСТ Минимальный крутящий момент для размера 2,5 мм, 3,8 Нм.

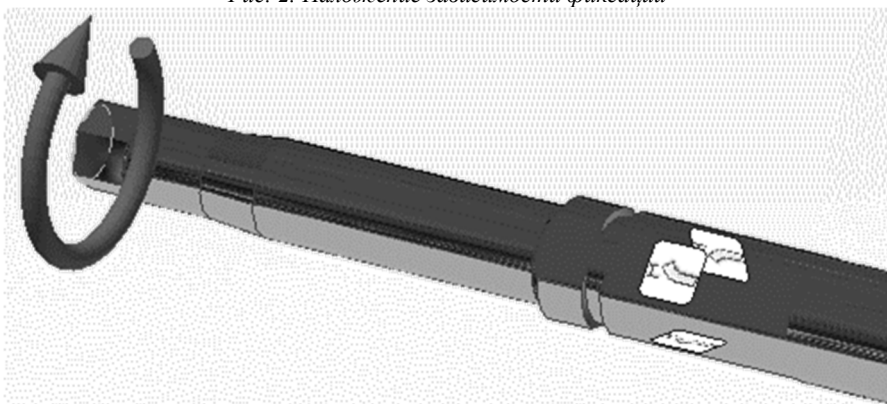
После создания нагрузочной схемы настраиваем вид расчетной сети. Сетка формируется как наложение на геометрию модели. После настройки сетки запускаем процесс моделирования. Результат выполнения операции приведен на рис. 4.



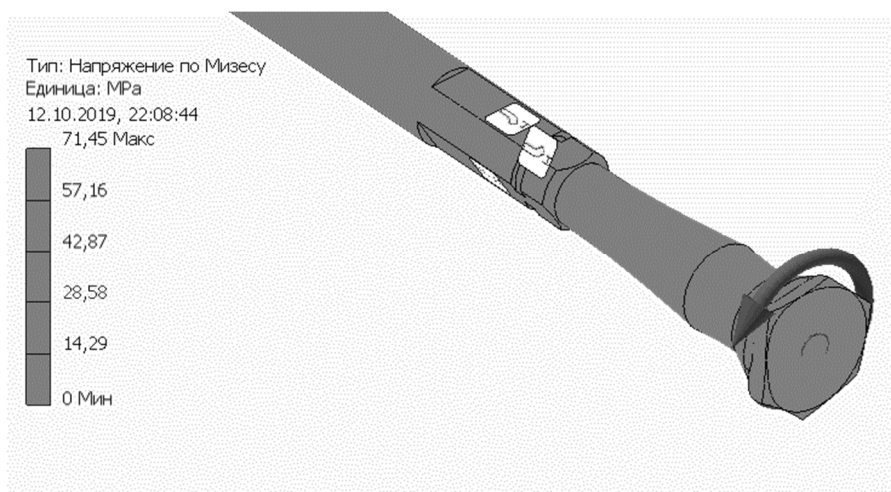
*Рис. 1. Твердотельная модель рассматриваемой детали*



*Рис. 2. Наложение зависимости фиксации*



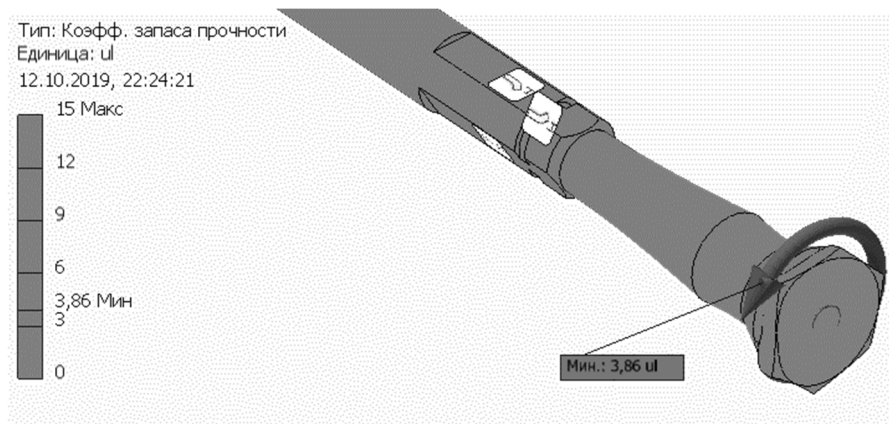
*Рис. 3. Ключ с наложенной нагрузкой*



*Рис. 4. Результат моделирования*

В результате расчетов мы получили максимальные напряжения по Мизесу, которое не превышает допустимого значения.

Коэффициент запаса прочности согласно полученным данным (рис. 5) находится в пределах от 3,86 до 15, что является хорошим результатом.



*Рис. 5. Результат моделирования коэффициента запаса прочности*

Проведенный анализ показал, что разработанная конструкция ключа ортопедических инструментов, соответствует требованиям, предъявляемым к ним и можно приступать к производству опытных образцов для проведения испытаний на реальном объекте.

Использование метода конечных элементов еще на этапе проектирования позволяет при неизменной заданной схеме нагружения добиваться улучшенной картины напряжений в конструкции, путем внесения в нее изменений, без производства опытных образцов, что экономит время и ресурсы предприятий, выпускающих продукцию.

### Список литературы

1. *Концевич, В.Г.* Твердотельное моделирование машиностроительных изделий в Autodesk Inventor / В.Г. Концевич. – Киев, Москва: ДиаСофтЮП, ДМК Пресс, 2007. – 672 с.
2. *Балакин, А.И.* Компьютерно-интегрированное проектирование: учеб. пособие / А.И. Балакин, Л.Е. Карташов, В.Я. Копп, О.В. Филипович. – Севастополь: СевНТУ, 2014. – 170 с.
3. *ГОСТ 12483-67.* Плунжеры. Конструкция (с Изменениями N 1, 2) М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 4 с.

*Материал поступил в редколлегию 14.10.19.*