



УДК 531/534:[57+61]

© 2010 г. **А.В. Бушманов**, канд. техн. наук
(Амурский государственный университет, Благовещенск)

СИСТЕМА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИКСИРУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В ТРАВМАТОЛОГИИ

Рассматривается структура системы имитационного моделирования напряженно-деформированного состояния биомеханических конструкций. Дан пример ее применения при проектировании рациональной конструкции фиксирующего устройства с использованием программного комплекса ANSYS. Приведены результаты моделирования.

Ключевые слова: автоматизация, имитационное моделирование, конечно-элементная модель, фиксирующее устройство.

Введение

Одним из видов моделирования, используемых в современной науке, является имитационное моделирование, в основе которого лежат принципы системной динамики, позволяющие описывать и моделировать непрерывные процессы [1]. Имитационный (вычислительный) эксперимент над построенной имитационной моделью является заменой эксперимента над реальным объектом в случаях, когда реальный эксперимент невозможен, слишком дорог или статистические данные о поведении реального объекта не могут быть использованы для традиционного моделирования (условия существования объекта слишком изменяются). Имитационное моделирование – явление новое, но методы моделирования традиционные, из сложившихся теорий. Чтобы использовать известные сценарии моделирования, надо: во-первых, уметь свести рассматриваемую задачу к традиционной, во-вторых, доказать возможность такой сводимости и в-третьих, сформулировать условия использования [2]. Использование любой методологии построения имитационной модели зависит от многих факторов. К наиболее значимым из них относятся следующие: определение цели моделирования, сложность моделируемой задачи, специфика предметной области решения задачи и степень значимости результатов моделирования.

Разработка алгоритмического и программного обеспечения для системы автоматизации имитационного моделирования механических устройств медицинской техники позволит ускорить и повысить качество исследований при разработке новых образцов медицинского оборудования, в том числе фиксирующих устройств для травматологии.

С целью исследовать поведение конструкций фиксирующих устройств на больном, при лечении переломов костей, где объемы обрабатываемой информации довольно велики, а результаты желательно получить в короткий срок, используя ЭВМ, можно осуществить имитационное моделирование смещения элементов конструкции под действием на нее заданного вектора сил. Таким образом, для более быстрого и качественного проектирования и разработки фиксирующего устройства, обладающего заданными прочностными характеристиками, предлагается использовать систему автоматизированного имитационного моделирования медицинских фиксирующих механических конструкций.

Этапы имитационного моделирования

Процесс имитационного моделирования при разработке новой конструкции фиксирующего устройства можно разбить на этапы (рис. 1).

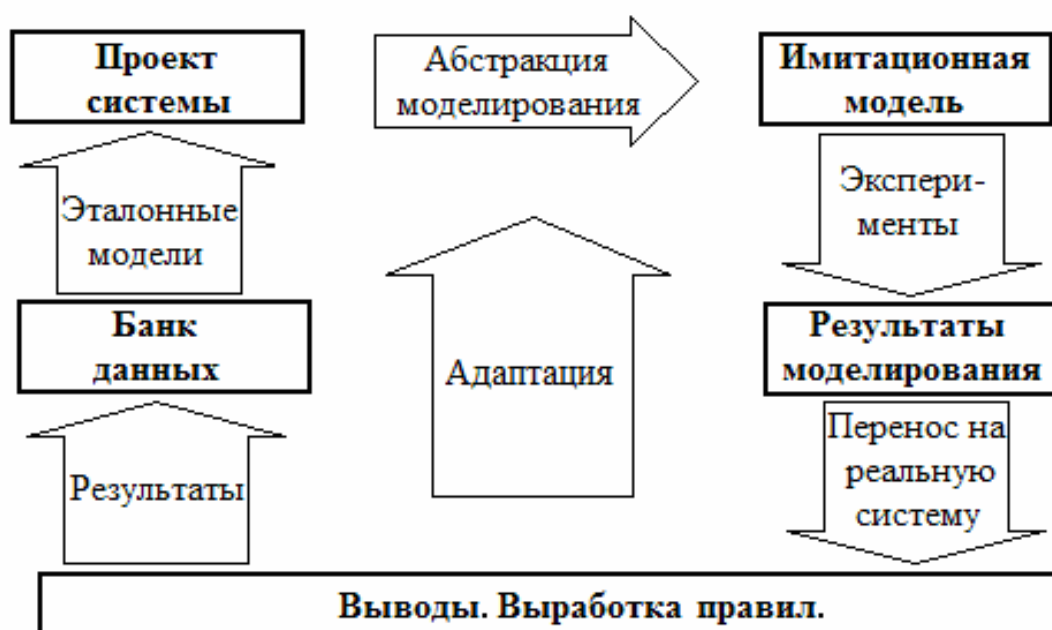


Рис.1. Этапы имитационного моделирования.

На первом этапе проектируемая система анализируется и выделяются существенные признаки, абстрагирующие ситуацию в виртуальную систему. На базе этой информации разрабатывается имитационная модель.

На втором этапе созданная модель используется для постановки экспериментов по имитации работы реальной системы в определенных условиях.

На третьем этапе полученные формальные результаты моделирования необходимо интерпретировать в понятия реальной системы. Если результаты работы реальной системы не отвечают принятым правилам и требованиям, то имитационная модель адаптируется и процесс симуляции работы повторяется.

На четвертом этапе получаем выводы и рекомендации по структуре и параметрам реальной системы.

На последнем этапе результаты в виде эталонных моделей и описания к ним помещаются в банк данных. При проектировании новых конструкций или модернизации уже известных для конкретного клинического случая анализиру-

ются существующие модели из банка данных. Стоит отметить, что высокая степень интеграции программных продуктов (CAD, CAE) с системами автоматизации позволяет перейти к безбумажному проектированию медицинских механических конструкций. В свою очередь, наличие готовой математической модели конструкции дает возможность ее использования при программировании автоматизированных элементов системы имитационного моделирования (информационная система, система управления, фиксирующие устройства) путем трансляции описанных алгоритмов в коды требуемого вида.

Все пакеты прикладных программ имитационного моделирования обладают одной главной чертой: они эмулируют работу построенной модели. На рынке представлено множество продуктов: Arena, AutoMod, eM-Plant, Micro-GPSS, SIMUL8 и т.п. Но у всех них есть свои отличия – в способах создания модели, в нюансах процесса итеративных расчетов.

Основой для автоматизированной системы имитационного моделирования является база знаний по эксплуатации фиксирующего устройства. Другим источником знаний могут стать результаты моделирования.

Важным критерием системы автоматизированного имитационного моделирования (АСИМ) является возможность реализации дружественного пользовательского интерфейса, способствующего в дальнейшем более эффективной эксплуатации моделей. Это обусловлено тем, что эффективная эксплуатация любого информационного продукта связана с процессом первичной адаптации к нему конечного пользователя. Реализация интерфейсной части АСИМ может быть, в частности, выполнена по схеме, приведенной на рис. 2.

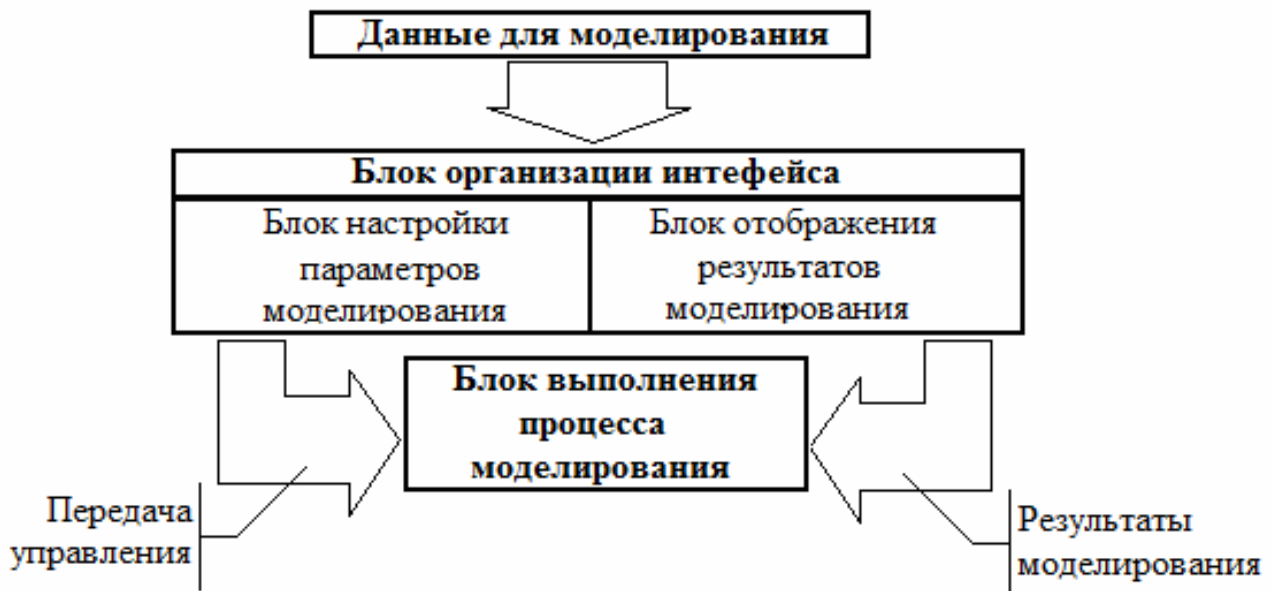


Рис. 2. Схема реализации интерфейсной части с АСИМ.

Имитационное моделирование деформации фиксирующего устройства

Бурное развитие компьютерного проектирования породило возможность передачи информации, созданной в одной САД системе, в другие – системы анализа.

Компьютерная модель фиксирующего устройства для лечения переломов

мышелка была разработана в системе автоматизированного проектирования SolidWorks (рис. 3).

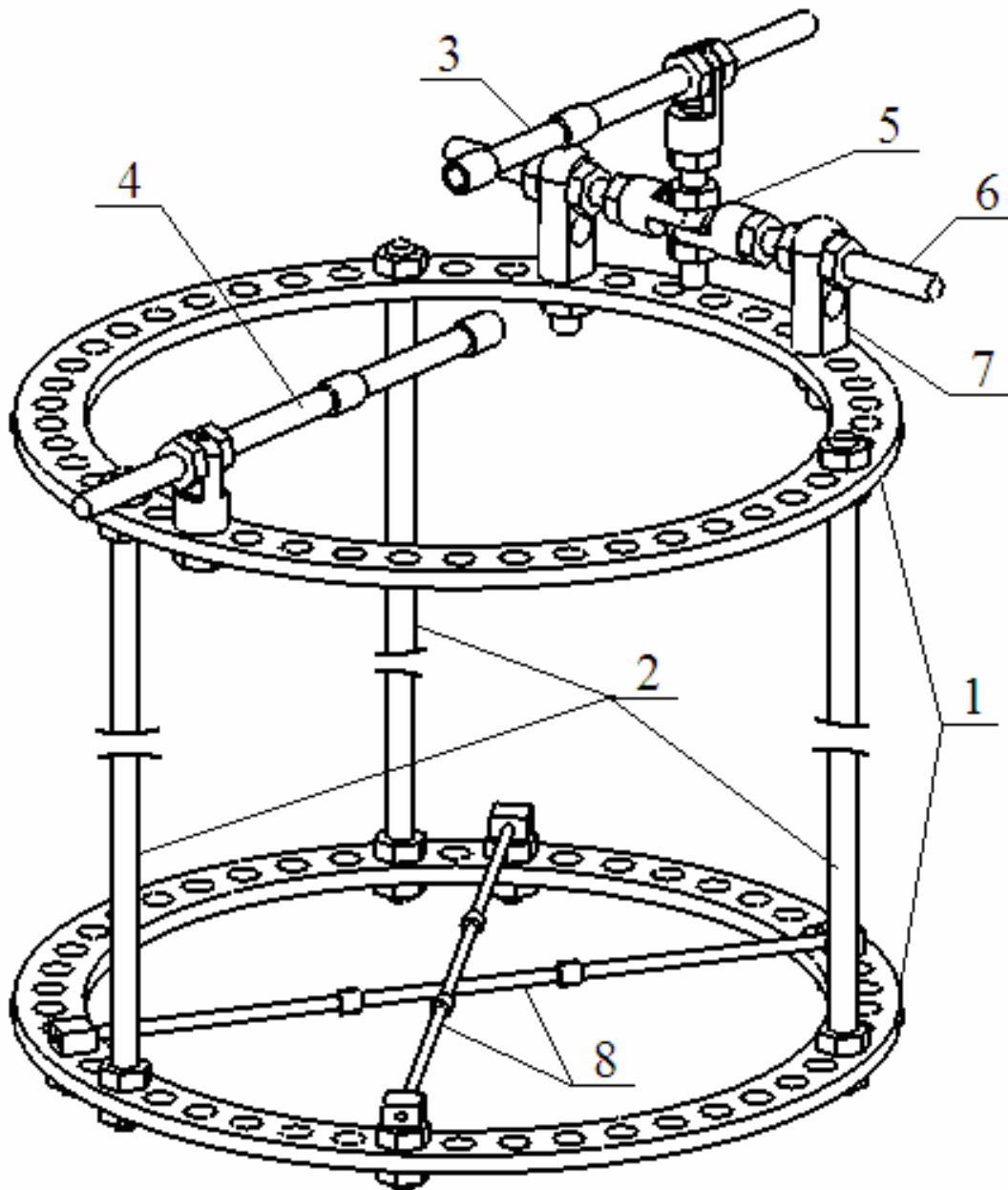


Рис. 3. Фиксирующее устройство для лечения мышелка.

Современный программный комплекс автоматизированного проектирования предназначен для создания чертежей и разработки твердотельных моделей на компьютере до начала производства изделия, что значительно уменьшает число ошибок проектирования и ускоряет появление изделия на рынке. Программа SolidWorks представляет собой параметрическую программу создания моделей твердых тел, состоящих из элементов. Под моделью твердого тела понимается реальная трехмерная модель, обладающая плотностью и массой, которые можно ощутить руками. Эти свойства отражены в модели, созданной компьютером, за исключением возможности подержать ее в руках. Однако компьютерную модель можно считать реальной для любых целей. Для нее можно указать плотность, зависящую от материала, из которого она создана. Модель имеет центр тяжести, а

также обладает весом и объемом, – по крайней мере, с точки зрения компьютера.

Устройство состоит из двух кольцевых элементов 1, опорных стержней 2, врезных стержней 3 и 4 (см. рис. 3). Врезной стержень 3 фиксирует отломок мышелка, а стержень 4 фиксируется в кости. Устройство имеет регулирующий узел 5, с помощью которого происходит точная стыковка отломка. Регулирующий узел крепится к кольцевому элементу посредством кронштейнов 6 и стержней 7. Нижнее кольцо с помощью спиц 8 крепится к кости.

Геометрические размеры фиксирующего устройства: кольцо стандартное, диаметр 160мм, стержни диаметром 6мм, спицы диаметром 2мм. Имитируем наложение в виде действия распределенной нагрузки Q на имитатор отломка кости. Моделируем зазор между отломком кости и костью величиной 0.5мм. Компрессию отломка устанавливаем 60Н. Угол линии зазора с горизонталью (ось OX) составляет 80 градусов.

Построенную модель фиксирующего устройства можно вращать на экране так же, как в руках. Ее можно измерить и получить о ней всю информацию даже более простым способом, чем обмер реальной детали. Цель разработки заключается в изучении поведения модели, ее прочностных характеристик при изменении геометрических размеров.

Смещение элементов конструкции под действием нагрузки, а также напряжения рассчитываем с помощью системы конечно-элементного моделирования ANSYS.

Программный комплекс ANSYS широко известен и пользуется популярностью среди инженеров-исследователей, занимающихся вопросами динамики и прочности. Средства пакета позволяют проводить расчеты статического и динамического напряженно-деформированного состояния конструкций [3]. Все функции, выполняемые программой, объединены в группы, которые называются процессорами. Этап напряженно-деформированного анализа конструкций в среде ANSYS рассматривается на представленной ниже функциональной схеме (рис. 4).

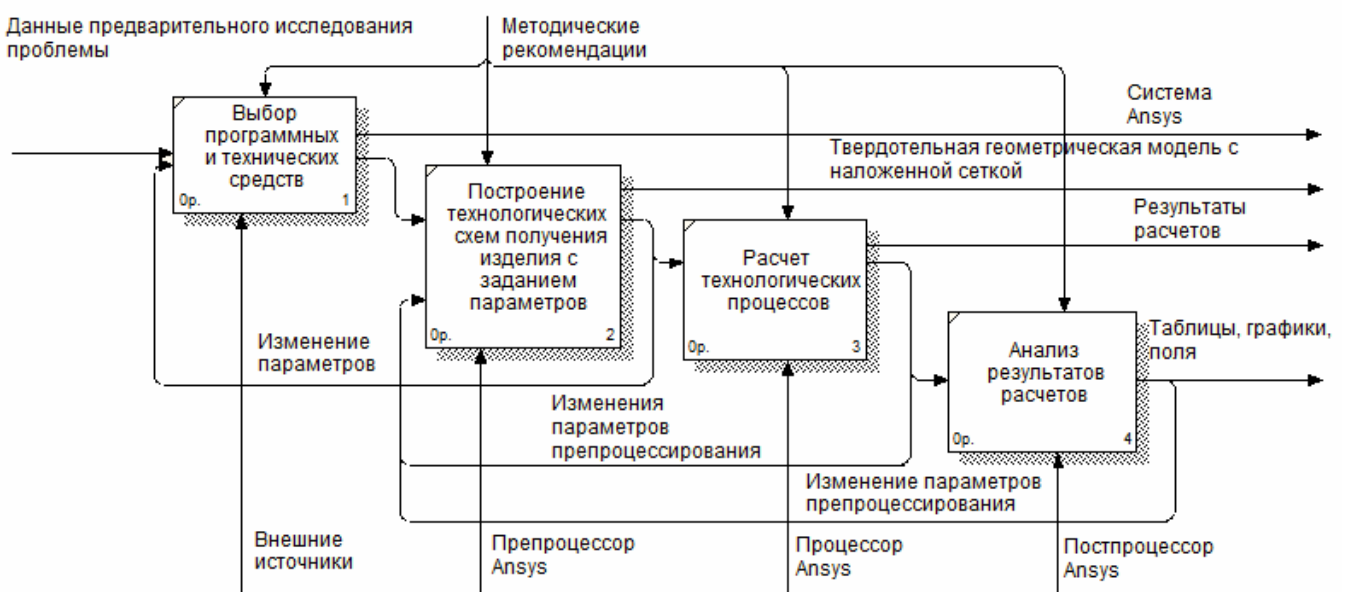


Рис. 4. Анализ технологии получения изделия средствами ANSYS.

Программа имеет один препроцессор, один процессор решения, постпроцессор и несколько вспомогательных процессоров, включая оптимизатор. Препроцессор используется для создания конечно-элементной модели и выбора опций для выполнения процесса решения. Процессор решения используется для приложения нагрузок и граничных условий, а затем для определения отклика модели. С помощью постпроцессора пользователь обращается к результатам решения для оценки поведения расчетной модели, а также для проведения дополнительных вычислений, представляющих интерес.

Для расчета смещения элементов и напряжения в конструкции под действием сил импортированную модель разбиваем на конечные элементы. Такие элементы конструкции как кольца, крепежные изделия, имитаторы кости и отломка моделируем гексагональными конечными элементами 20 Node Quadratic Hexahedron, а стержни, спицы и стойки моделируем тетраэдральными конечными элементами 10 Node Quadratic Tetrahedron.

Отломок кости под действием компрессирующей нагрузки имеет плотное соединение с костью за счет того, что переломы, как правило, неровные и соприкасающиеся плоскости костных тканей имеют трабекулярное строение. Величина силы сцепления между отломками определялась экспериментально в лаборатории биомеханических исследований Амурской государственной медицинской академии. Результаты эксперимента соответствуют данным, полученным в работе [4], приведены на рис. 5, где 1 – эксперимент; 2 – аппроксимирующая кривая.

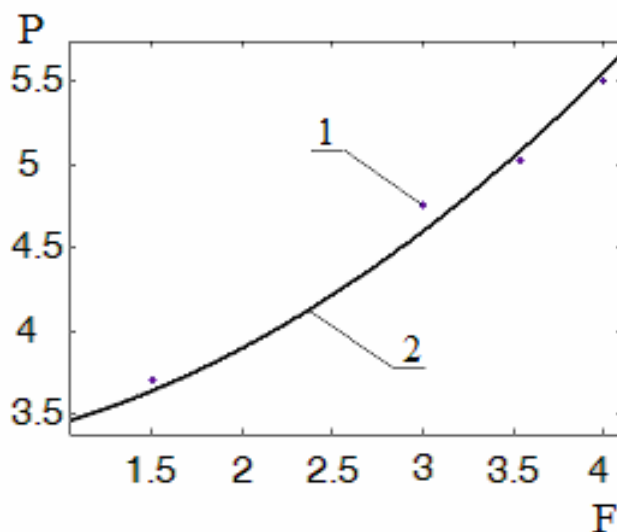


Рис. 5. График зависимости величины сдвигающей силы (P) от величины компрессии (F).

Проведенное имитационное моделирование показало, что под действием приложенной на отломок рекомендуемой врачами-травматологами силы, равной 600 (Н), конструкция фиксирующего устройства деформировалась, а относительное смещение отломков кости произошло на 0.1мм (рис. 6).

Анализ деформации конструкции фиксирующего устройства показал, что наибольшее смещение у фиксирующего отломка кости стержня (3) и у фиксирующих спиц (8) (рис. 4). Для того чтобы уменьшить смещение элементов конструкции и как следствие всей конструкции, необходимо обеспечить симметрич-

ность системы «кость – фиксирующее устройство» таким образом, чтобы длины свободных частей врезных стержней были равными. Рекомендуемое [5] натяжение спиц должно быть не менее 1000 (Н).

При моделировании угол между линией соединения кости с отломком и осью ОХ принимался равным 80 градусам (рис. 6), т.е. близким к максимально задаваемому врачами-травматологами углу 90° . В тех случаях, когда угол меньше, нагрузка, действующая на фиксирующее устройство, также будет меньше, поэтому отдельно рассчитывать на прочность такие случаи нет необходимости.

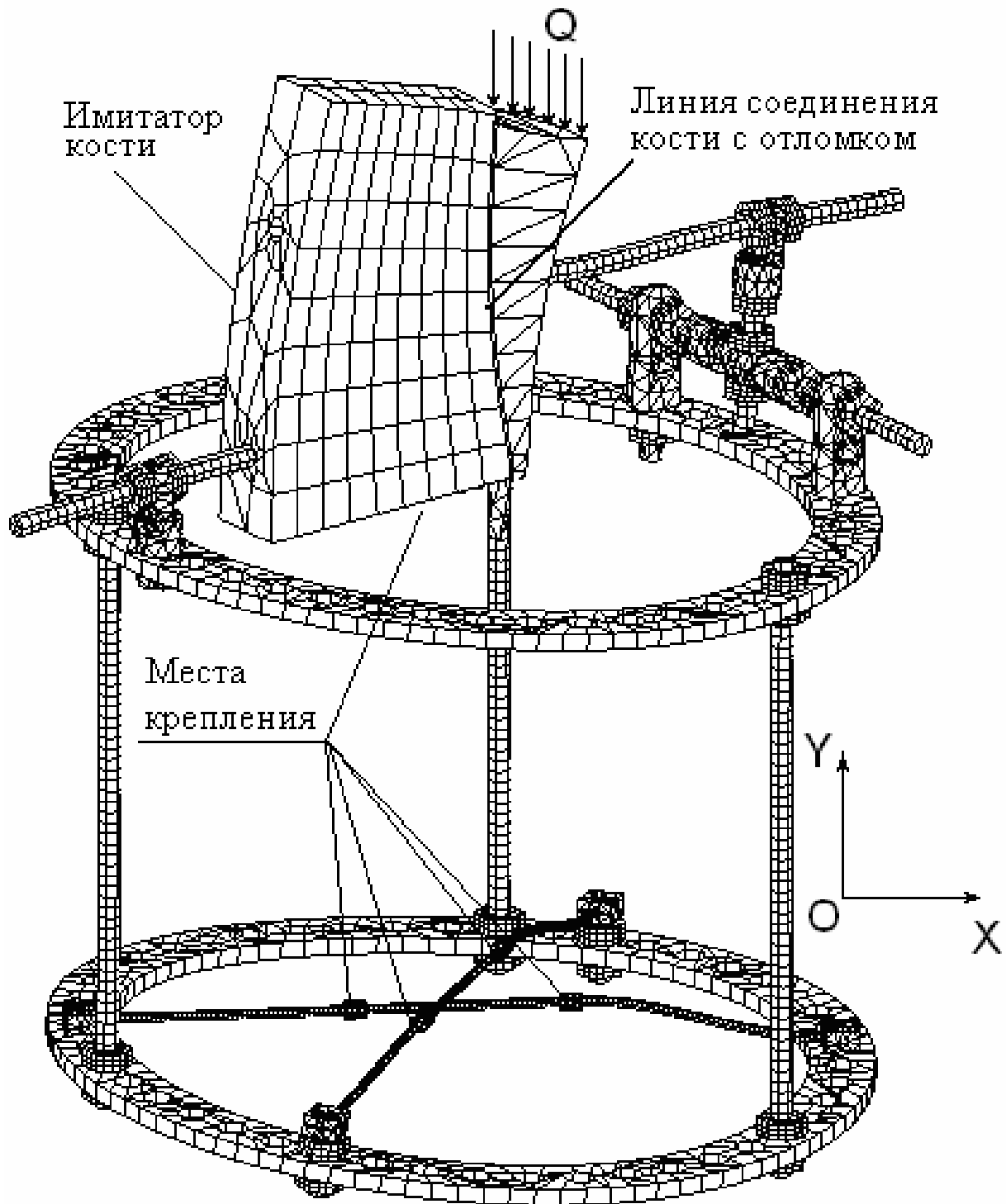


Рис. 6. Деформированная модель конструкции.

При действии силы на суставную поверхность возможна ротация отломка относительно кости, поэтому необходимо предусмотреть стержень, который будет предотвращать ротацию отломка.

Несущая способность аппарата внешней фиксации конструктивно обеспечивает неподвижность соединения отломка с костью. Поврежденный коленный сустав в процессе лечения находится в режиме лечебной иммобилизации, так как величина нагружения травмированного мышелка производится в щадящих параметрах.

Заключение

Разработанный в программной среде ANSYS стенд имитационного моделирования смещения элементов конструкции дает возможность максимально эффективно решать задачи рационального проектирования и расчета фиксирующих устройств для травматологии.

Анализ полученных результатов компьютерного моделирования показывает, что перемещения отломка относительно кости удовлетворяют заданным параметрам, допускаемая величина смещения равна 1 мм.

Данные имитационного моделирования в системе ANSYS достаточно точно соответствуют итогам реального натурального эксперимента. Полученные результаты напряженно-деформированного состояния конструкции, величины смещения стержней в процессе нагружения позволят рационализировать технологический процесс сборки конструкции фиксирующего устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Советов Б.Я., Яковлев С.А.* Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 1998.
2. *Басов К.А.* ANSYS: Справочник пользователя. – М., ДМК Пресс, 2005.
3. *Бушманов А.В.* Проектирование фиксирующих устройств в травматологии на основе CAD/CAE/CAM-технологий. III // Информатика и системы управления. – 2008, № 2(15) – С. 332-337.
4. *Бабаян В.А.* Биомеханическое исследование характеристик стержневой системы при моделировании остеосинтеза перелома мышелков большеберцовой кости. // Травма. – 2005. – Т.2, № 2. – С. 168-171.
5. *Соломин Л.Н.* Основы чрескостного остеосинтеза аппаратом Г.А.Илизарова. – СПб., 2005.

E-mail:

Бушманов А.В. – Vysh29@mail.ru.