

## НАХОЖДЕНИЕ УЧАСТКОВ ДЕФОРМАЦИИ СТУЛЬЕВ В ХОДЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ

Л.Н. Иванова, А.А. Черепов, А.В. Шкляр  
Научный руководитель: А.В. Шкляр  
Томский политехнический университет  
E-mail: lni@tpu.ru

### Введение

Стул является самым распространенным и массовым мебельным изделием. По всему миру выпускается огромное количество разнообразных моделей стульев, включая плетенные, литые, клееные и т.д. При этом стулья эксплуатируются в наиболее тяжелых условиях, по сравнению с другими мебельными изделиями [1]. Особенно это становится заметно в общественных местах.

Из-за постоянных нагрузок происходит быстрый износ деталей изделия и их соединений. Обычно мебель признают негодной из-за поломок ножек, подлокотников, или деформации сидения.

Поскольку программы для 3D моделирования можно применять в том числе и для целей симуляции физических процессов, то возникает вопрос применимости этих программ для моделирования деформации частей стула с целью определения уязвимых участков.

### Испытания стула на прочность

В Российской Федерации нормы испытания стульев на долговечность закрепляются в ГОСТ 12029-93 «Мебель. Стулья и табуреты. Определение прочности и долговечности». При этом метод испытания стульев на долговечность не распространяется на стулья складной конструкции [2].

Важным испытанием для стула является проверка сиденья на ударпрочность. Для этого стул закрепляется на стенде, который периодически сбрасывает на него груз. Масса груза и высота, с которой производится сбрасывание, регулируются ГОСТом [2] и выбираются из таблицы в соответствии с уровнем проводимых испытаний. Пример такого стенда изображен на рисунке 1.

Производство одного промышленного образца для испытаний требует определенных материальных и временных затрат, которые несет производитель. В случае провала испытаний потребуются дополнительные затраты. Для того, чтобы уменьшить вероятность того, что разработанный дизайн стула не сможет пройти испытания, можно использовать методы моделирования нагрузок, которые испытывает стул во время испытаний.

Для моделирования нагрузок и последующей деформации стула можно воспользоваться моделью поведения твердого тела.

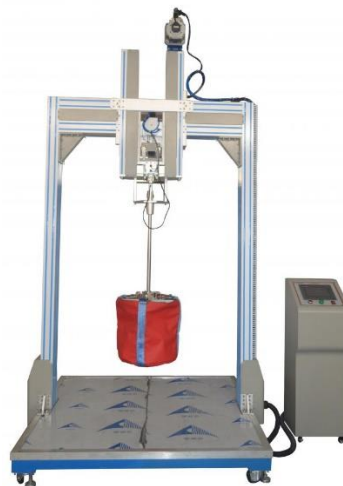


Рис.1. Пример стенда для испытания стула.

### Механика деформации твердого тела

При деформациях твердого тела его частицы (атомы, молекулы, ионы), находящиеся в узлах кристаллической решетки, смещаются из своих положений равновесия. Этому смещению противодействуют силы взаимодействия между частицами твердого тела, удерживающие эти частицы на определенном расстоянии друг от друга. Поэтому при любом виде упругой деформации в теле возникают внутренние силы, препятствующие его деформации.

Таким образом, механика деформации твердого тела рассматривает движение частиц твердого тела под воздействием внутренних сил, вызванных деформацией из-за приложенной внешней нагрузки.

В следствие выше сказанного, при рассмотрении деформации твердого тела, его можно рассматривать как совокупность частиц, между которыми происходят определенные взаимодействия. Таким образом, при использовании инструментов 3d моделирования, твердое тело можно представлять как набор недеформируемых, связанных между собой элементов.

### Способы имитации твердого тела в 3ds Max

В программе для 3d моделирования 3ds Max можно связать элементы при помощи инструментов моделирования поведения физических тел MassFX. В модели расчета физики, использующейся в MassFX, все тела считаются

твердотельными, не подвергающимися деформации [4].

Для создания твердого тела в 3d Max нужно применить модификатор MassFX Rigid Body к объекту, созданному ранее при помощи инструментов 3d моделирования. Этот модификатор позволяет настраивать плотность, коэффициенты трения покоя и скольжения, а также коэффициент упругости. Поскольку все тела в MassFX не деформируются, то коэффициент упругости в данной модели используется для расчета того, как будут отталкиваться тела друг от друга при ударе.

Для моделирования системы взаимосвязанных объектов следует добавить в модель связи между ними. Параметры связей между элементами твердого тела можно смоделировать при помощи объекта MassFX Constraint helper. Для моделирования силы упругости, возникающей при деформации, можно использовать параметр Spring, который позволяет смоделировать поведение предметов так, как будто они связаны пружиной [3]. Настраивая параметры жесткости и максимальной дальности, на которую может растягиваться пружина, можно симитировать параметры материала, из которого сделано сиденье.

Для имитации разрыва материала сиденья необходимо воспользоваться меню Advanced объекта MassFX constraint helper. Внешний вид данного меню показан на рисунке 2. Включенный параметр Breakable позволит разрывать связь между отдельными элементами объекта. Регулировка параметра Max Force позволит изменять устойчивость материала сиденья к разрыву.

Также следует обратить внимание на параметры Projection. Для большей точности следует выбрать тип проекции Linear and Angular. Параметры Distance и Angle выбираются относительно размеров элементов, составляющих твердое тело. При значениях, сильно превышающих их размеры, элементы не будут взаимодействовать, а при сильно заниженных значениях будут двигаться без причины.

Значения параметров MaxForce, в меню Advanced, а также Springiness и Damping, в меню Spring, подбираются экспериментальным путем, поскольку не выведены формулы, по которым можно установить данные параметры с достоверной точностью.

После того, как на смоделированный стул будет сброшен груз, будут разорваны связи между элементами в наиболее уязвимых местах.

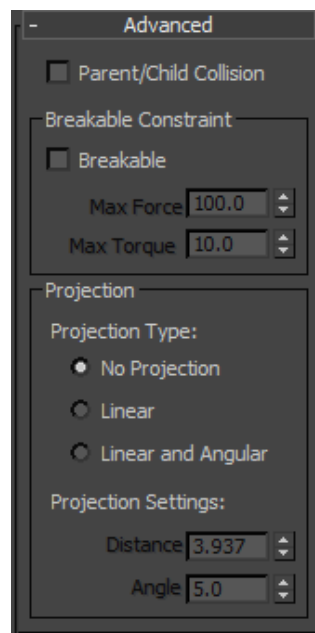


Рис.2. Меню Advanced объекта MassFX constraint helper

#### Заключение

В данной работе рассмотрены способы тестирования стула на долговечность. А также предложен способ имитации тестирования стула на ударопрочность при помощи инструментов программы для 3d моделирования 3ds Max.

Имитация нагрузок при помощи моделирования позволяет сократить время разработки опытного образца, проходящего испытания, экономит деньги и материалы.

#### Список использованных источников

1. Бобиков П.Д. Конструирование столярно-мебельных изделий. Издание четвертое, дополненное. – М.: Высшая школа, 1989. – 176 с.
2. ГОСТ 12029-93. Мебель. Стулья и табуреты. Определение прочности и долговечности. — Взамен ГОСТ 12029-77; Введ. 01.01.1995. — М.: Изд-во стандартов, 1982. — 53с.
3. MassFX Constraint Helper // Autodesk Knowledge Network // URL: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/3DSMax/files/GUID-A089EB2B-45A1-4A6B-8B06-221A75267881-htm.html> // Дата обращения 21.06.17
4. MassFX // Autodesk Knowledge Network // URL: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/3DSMax/files/GUID-3A3E8929-A7A4-4BA8-80F2-8B32AAA7BC7B-htm.html> // Дата обращения 21.06.17