



# Расчет и измерение упругих свойств соединительных элементов для моделирования дискретных сред и разработки деталей конструкций

Д. Дзенушко, выпуск 2016 года  
научный руководитель д.ф.-м.н., проф., А.М. Кривцов

Цель работы - разработка и изготовление упругих элементов, имитирующих межатомную связь. Соотношение между продольной и сдвиговой жесткостями должно быть близко к таковому в связях углеродных структур. При разработке проводилось моделирование методом конечных элементов, полученные данные сравнивались с полученными экспериментальным путем.

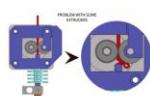
## Гиперболоидная модель связи

Требуется соблюсти соотношение между жесткостями, сдвиговой  $C_2$  и продольной  $C_1$ .

Для гиперболоидных конструкций известно  $\frac{C_2}{C_1} = \frac{1-\cos\gamma}{4} \frac{b^2}{a^2}$ , где  $\gamma$  - угол скручивания верхнего кольца конструкции относительно нижнего,  $b$  - высота конструкции,  $a$  - диаметр верхнего и нижнего колец допустим  $\gamma = \frac{\pi}{2}$ , тогда получаем  $b = \sqrt{2}a$ .



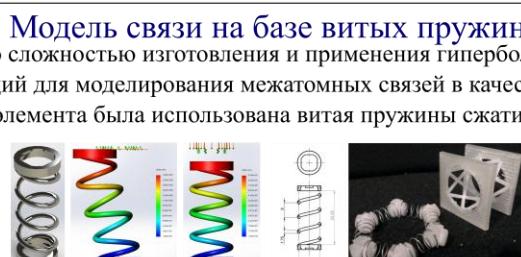
Для проверки возможности производства был изготовлен пробный образец из гибкого материала Ninja-Flex и нейлона. При этом была произведена модификация механизма подачи пластика используемого 3d принтера



Была разработана форма для отливки гиперболоидной связи из двухкомпонентного силикона

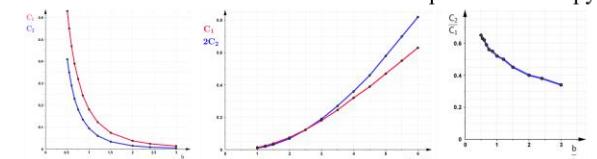


При деформации изготовленных образцов наблюдается потеря устойчивости, что препятствует использованию данной связи для случая больших деформаций



В связи со сложностью изготовления и применения гиперболоидных конструкций для моделирования межатомных связей в качестве упругого элемента была использована витая пружина сжатия

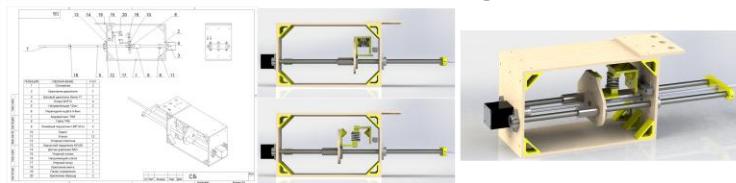
На основании полученных данных были построены графики зависимостей жесткостей от соотношения сторон сечения прутка.



Из графиков видно, что соотношение продольной и сдвиговой жесткостей существенно зависит от формы прутка, из которого изготовлена пружина.

## Экспериментальный стенд

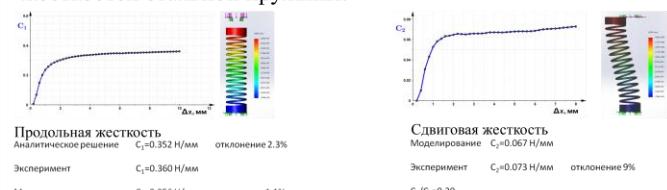
Для экспериментального определения жесткости исследуемых образцов был разработан и изготовлен экспериментальный стенд.



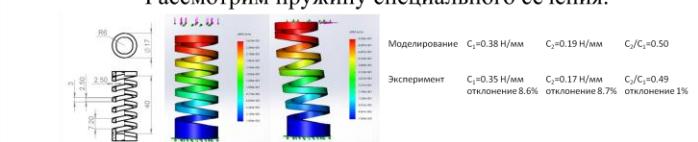
Установка позволяет проводить измерения как продольной так и сдвиговой жесткости. Для измерения производится деформация образца и измеряются силы реакции. Перемещение нагружающей пластины осуществляется посредством передачи винт-гайка, а силы реакции измеряются тензорезистивным датчиком давления.

## Проведение эксперимента

В качестве теста разработанного стендса проводится измерение жесткостей стальной пружины.



Рассмотрим пружину специального сечения.



## Изготовление разработанной связи

Разработана форма для изготовления данной пружины методом литья.

