

07, июль 2017

УДК 372.862

Конструирование макета и электронной модели изгибаемого многогранника

*Петров Д.И., студент
факультет «Опτικο-электронное приборостроение»,
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Шашкин Г.Д., учащийся
141407, Московская область, г. Химки, ул. Машинцева, д. 6
лицей № 17 г. Химки*

*Кузьмин Е.В., учащийся
129110 Москва, улица Щепкина, д. 68
ГБОУ СОШ №2107 г. Москва*

*Научный руководитель: Юренкова Л.Р., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Инженерная графика»
bauman@bmstu.ru*

Исследованием свойств изгибаемых многогранников занимались такие выдающиеся французские математики, как А.Лежандр (1752-1833), О. Коши (1789-1857), Ж. Дарбу (1842-1917), Р. Брикар (1870-1943) и другие [1]. До наших дней изгибаемые многогранники в центре внимания современных математиков. Под изгибаемыми многогранниками понимают такие многогранники, которые при непрерывной деформации допускают изменение хотя бы одного двугранного угла при ребре без изменения граней.

В последние годы интерес к этим фигурам возрос в связи с развитием робототехники и освоением космического пространства. Вряд ли в XIX веке математики догадывались о таком применении объекта их исследования. Грани изгибаемого многогранника рассматриваются как абсолютно твёрдые пластины с шарнирными связями типа дверных петель вдоль ребер и со сферическими шарнирами в вершинах.

В 1813 году О. Коши доказал теорему, в соответствии с которой все выпуклые многогранники не являются изгибаемыми. Только в 1897 году Р. Брикар сконструировал первые изгибаемые многогранники, которые получили название «октаэдров Брикара».

Они не только невыпуклые, но и имеют самопересечения, что не позволяет построить их движущуюся картонную модель.

Первый изгибаемый многогранник без самопересечения создал в 1976 году американский математик Р. Коннелли, а в 1979 году немецкий математик Клаус Штеффен построил изгибаемый многогранник без самопересечений (рис.1) [2]. У этого многогранника четырнадцать граней и наименьшее на сегодняшний день число вершин - девять. На рис.2 показаны два крайних положения многогранника Штеффена при изгибании. Примеры изгибаемых многогранников без самопересечений в реальной жизни приведены на рис. 3. Это меха аккордеона, а термин «кузнечные меха» вошел в исследования крупных математиков.

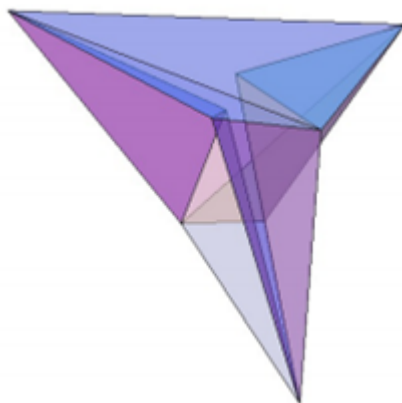


Рис. 1. Изгибаемый многогранник Штеффена

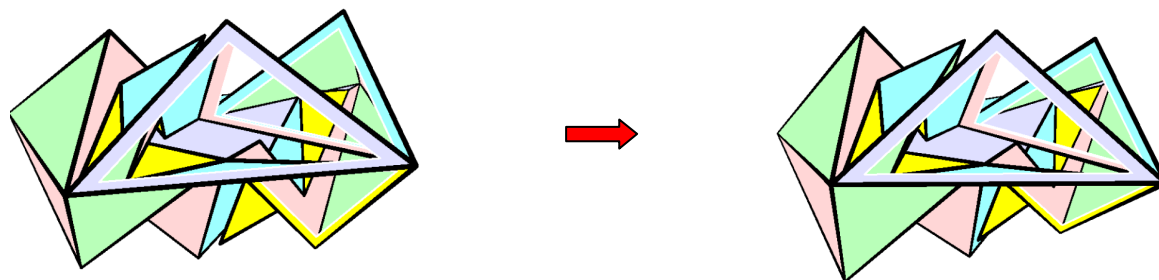


Рис. 2. Два положения многогранника Штеффена при изгибании

Большой вклад в теорию изгибаемых многогранников внес российский математик И.Х. Сабитов. В соответствии с его теоремой любой изгибаемый многогранник в процессе изгибания сохраняет свой объём, то есть он будет изгибаться даже если его заполнить несжимаемой жидкостью [3]. На рис.2 изображены два крайних положения многогранника Штеффена при изгибании.

Лауреат премии президента России за 2016 год молодой математик А. Гайфуллин доказал многомерный аналог теоремы Сабитова и открыл новое направление в теории изгибаемых многогранников. [4]. По развертке многогранника Штеффена (рис.4) изготовлен его макет из бумаги.



Рис. 3. Слева - меха аккордеона; справа- кузнечные меха

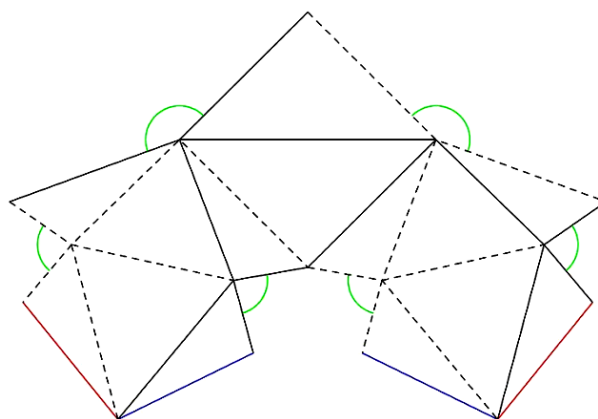


Рис. 4. Развертка изгибаемого многогранника Штеффена

Электронные модели многогранников построены в среде программы Autodesk Inventor [5]. На рис. 5,а приведен выпуклый многогранник, а на рис. 5,б – невыпуклый.

Изгибаемые многогранники нашли широкое применение, прежде всего, в конструкции роботов и в механизмах солнечных батарей спутников, которые на старте должны складываться, а после вывода на орбиту распрямляться, занимая большие площади

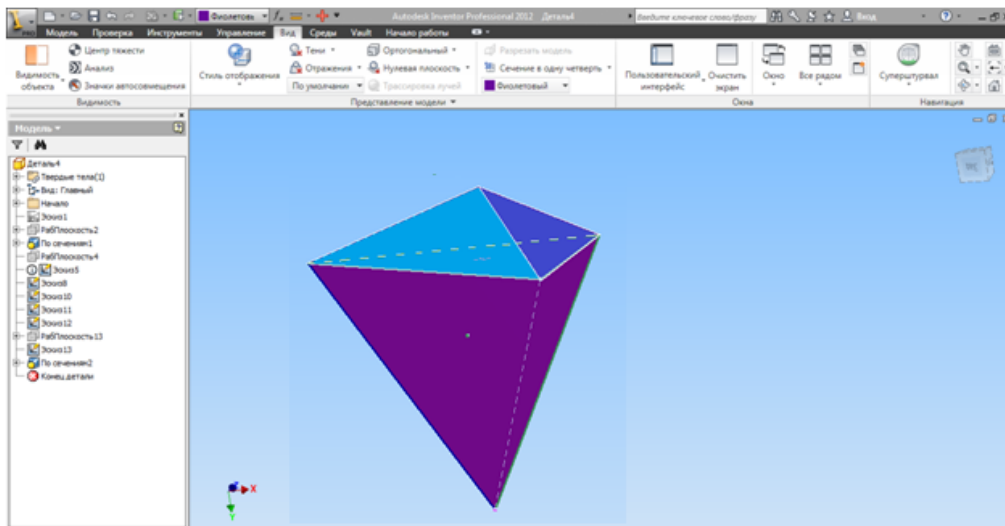


Рис. 5а. Электронная модель выпуклого многогранника

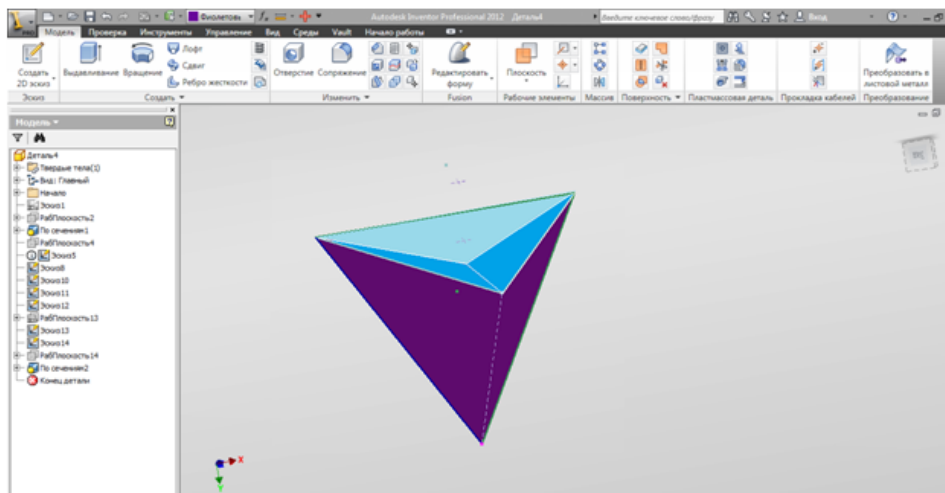


Рис. 5,б. Электронная модель невыпуклого многогранника

Список литературы

- [1]. Залгаллер В.А. Непрерывно изгибаемый многогранник // Квант. 1978. № 9. С. 13-19
- [2]. Изгибаемый многогранник. Режим доступа:
https://ru.wikipedia.org/wiki/Изгибаемый_многогранник (режим доступа: 10.02.2017).
- [3]. Сабитов И.Х. Объемы многогранников. М.: Математическое просвещение, 2002. 32 с.
- [4]. Гайфуллин А.А. Изгибаемые кросс-политопы в пространствах постоянной кривизны // Тр. МИАН. 2014. № 286. С. 88-128.
- [5]. Журбенко П. А., Гузненков В.Н. Autodesk Inventor 2012. Трехмерное моделирование деталей и создание чертежей. М.: ДМК-Пресс, 2012. 122 с.