

УДК 004.925.8

СОЗДАНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЛЕНТЫ МЁБИУСА В AUTODESK INVENTOR

Родевич Р.А., Пинчук Е.П.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Гиль С.В. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ИКТ

Аннотация. В статье представлена историческая справка об открытии топологической поверхности под названием «Лента Мёбиуса», которая является односторонней плоскостью в трёхмерном пространстве. Представлены примеры использования её в приборах, технике и производстве. Разработан алгоритм создания параметризованной твердотельной модели этой топологической поверхности в *Autodesk Inventor*.

Ключевые слова: топологическая поверхность, Лента Мёбиуса, *Autodesk Inventor*

Введение. Лента Мёбиуса – простейшая неориентируемая поверхность, которая является односторонней в трёхмерном пространстве (рисунок 1). Её часто называют ещё поверхностью Мёбиуса и относят к непрерывным (топологическим) объектам [1]. Топологией является раздел математики, изучающий свойства пространства, которые остаются неизменными при непрерывных деформациях [2]. Представляет интерес история открытия этой поверхности, её практическое применение, а также возможность создания её твердотельной модели средствами *Autodesk Inventor*.

Основная часть. Считается, что лента Мёбиуса была открыта независимо немецкими математиками Августом Фердинандом Мёбиусом и Иоганном Бенедиктом Листингом в 1858 году, хотя похожая структура изображена на римской мозаике III века н.э. (рисунок 3) [1].



Рисунок 1 – Компьютерная модель Ленты Мёбиуса

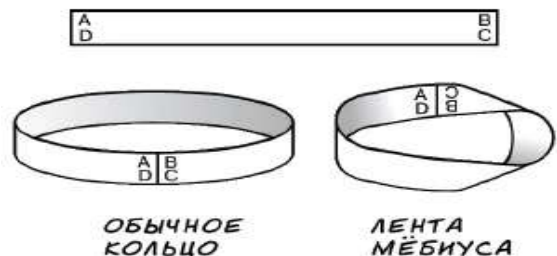


Рисунок 2 – Ручное изготовление Ленты Мёбиуса



Рисунок 3 – Римская мозаика (III век)



Рисунок 4 - Памятник Ленте Мёбиуса в Минске

22 января 2009 года в Минске был открыт памятник Ленте Мёбиуса к восьмидесятилетию Национальной академии наук Беларуси. Сегодня лист Мёбиуса и его свойства широко применяются в науке, служа основой для построения новых гипотез и теорий, проведения исследований и экспериментов, создания новых механизмов и устройств.



Рисунок 5 – Триод

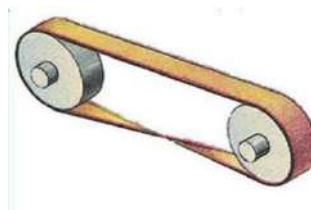


Рисунок 6 - Шлифовальная лента на основе ленты Мёбиуса

Патентные службы вынуждены были познакомиться с поразительными свойствами листа Мёбиуса - в разное время и в разных странах зарегистрировано немало изобретений, в основе которых лежит все та же односторонняя поверхность. Например, в 1923 году знаменитый американский изобретатель Ли де Форест, который придумал трёхэлектродную лампу - триод (рисунок 5), предложил записывать звук на киноленте без перемены катушек, сразу «с двух сторон». Ему выдали патент № 1442632. В 1969 году советский изобретатель А. Губайдуллин получил авторское свидетельство № 236278 на бесконечную шлифовальную ленту (рисунок 6), работающую обеими своими сторонами. Он предложил натянуть сделанную из специального материала ленту Мебиуса на два вращающихся ролика и покрыть ее крупинками твердого абразива. Понятно, что такая лента служит вдвое больше обычной. В 1923 году выдан патент изобретению Ли де Форсу, который предложил записывать звук на киноленте без смены катушек, сразу с двух сторон (рисунок 8). На основе исследований поверхности ленты Мебиуса и ее свойств было создано множество устройств и приборов. К примеру, кассеты для магнитофона, где лента перекручивается и склеивается в кольцо, при этом появляется возможность записывать или считывать информацию сразу с двух сторон, что увеличивает ёмкость кассеты и соответственно время звучания. Форму ленты Мёбиуса повторяют при создании полосы ленточного конвейера (рисунок 7) и красящей ленты в печатных устройствах, абразивных ремней для заточки инструментов и автоматической передачи. Это позволяет значительно увеличить срок их службы, так как изнашивание происходит более равномерно [4].

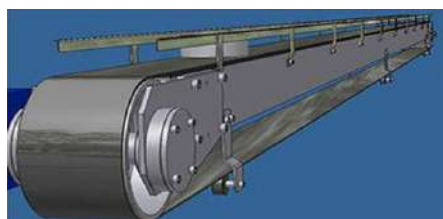


Рисунок 7 – Полоса ленточного конвейера



Рисунок 8 – Кассеты для магнитофона

Модель ленты Мёбиуса можно легко сделать из бумаги: надо взять достаточно длинную бумажную полоску и склеить противоположные концы полоски в кольцо, предварительно перевернув один из них (рисунок 2). Однако создание топологической поверхности ленты Мёбиуса в *Autodesk Inventor* представляет собой более трудоемкий процесс.

Для построения твердотельной модели данной топологической поверхности необходимо создать семь плоских 2D-эскизов, не только в основных плоскостях, но и в дополнительных рабочих плоскостях, которые ориентированы относительно плоскости XY под 15 и 45 градусов и зеркально отражены. Создаваемая компьютерная модель ленты Мёбиуса является параметризованной, описывается предварительно рядом параметров, которые многократно повторяются в эскизах и являются строго фиксированными: ширина ленты - задаётся длиной

отрезка; диаметр траектории ленты – задаётся окружностью; привязка отрезка – ширины ленты, задаётся радиусом. Предварительно на эскизе воспроизводится траектория движения ленты - окружность. На вспомогательных и основных плоскостях командой «Отрезок» создаются 2D-эскизы с заданными параметрами, при этом особое внимание необходимо обратить на правильную ориентацию ширины ленты относительно траектории движения и её плавный перегиб. Непосредственно поверхность формируется командой «Ллофт» путем последовательного добавления эскизов, в качестве направляющей задаётся траектория движения ленты - окружность. Твёрдотельная модель воспроизводится из поверхности командой «Толщина» с двунаправленной ориентацией, далее назначается материал и текстура (Рисунок 9) [3].

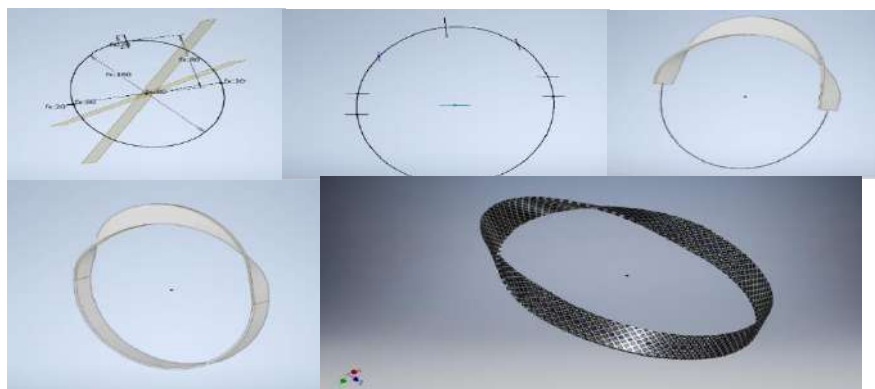


Рисунок 9 – Поэтапное создание трёхмерной модели ленты Мёбиуса, выполненной в Autodesk Inventor

Заключение. В соответствии с разработанным алгоритмом средствами Autodesk Inventor создана параметризованная твёрдотельная компьютерная модель топологической поверхности Ленты Мёбиуса, представляющей научный интерес вследствие её достаточно широкого практического применения в различных сферах.

Список литературы

1. Лента Мёбиуса [Электронный ресурс].- Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. Лента Мёбиуса: один из самых необычных объектов с очень странными свойствами [Электронный ресурс].- Режим доступа : <https://zen.yandex.ru/media/popsci/lenta-mebiusa-odin-iz-samyh-neobychnyh-obektov-s-ochen-strannymi-svoistvami-5c0cca8d44c73500ae939655>
3. Поверхностное моделирование: Лента Мёбиуса [Электронный ресурс].- Режим доступа : <https://www.youtube.com/watch?v=ibfeqaRuLI8a>
4. Лист Мёбиуса и его применение [Электронный ресурс].- Режим доступа : <https://school-herald.ru/ru/article/view?id=897>

UDC 004.925.8

CREATING THE TOPOLOGICAL SURFACE OF THE MOBIUS STRIP IN AUTODESK INVENTOR

Rodevich R.A., Pinchuk A.P.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Gil S.V. – PhD, assistant professor, associate professor of the department of ECG

Annotation. The article presents a historical background on the discovery of a topological surface called "Möbius strip", which is a one-sided plane in three-dimensional space. Examples of its use in devices, technology and production are presented. An algorithm for creating a parametrized solid model of this topological surface in Autodesk Inventor has been developed.

Keywords: topological Surface, Möbius strip, Autodesk Inventor