

УДК 004.925.8**Р.А. Родевич¹, Е.П. Пинчук²**Научный руководитель: к.т.н., доцент **С.В. Гиль**^{1,2} УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»,

Республика Беларусь, г. Минск

¹ r.rodevich@mail.ru² elenapinchuk1122@gmail.com

НЕОРИЕНТИРУЕМАЯ ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ПОВЕРХНОСТЬ: ЛЕНТА МЁБИУСА СРЕДСТВАМИ AUTODESK INVENTOR³

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 поверхности в Autodesk Inventor.

Ключевые слова: односторонняя поверхность, неориентированная поверхность, лента Мебиуса, параметры компьютерной модели, команда «Толщина» с двунаправленной ориентацией, параметризованная твердотельная компьютерная модель топологической поверхности Ленты Мёбиуса.

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.

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. (рис.1, 2, 3, 4) [1].

³ © Родевич Р.А., Пинчук Е.П., 2022



Рис.1. – Компьютерная модель Ленты Мёбиуса

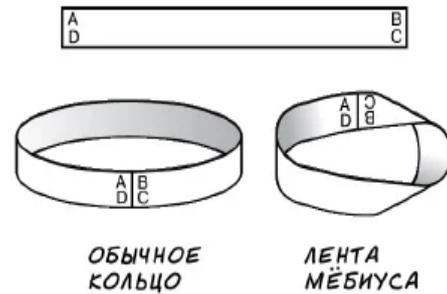


Рис.2. – Ручное изготовление Ленты Мёбиуса



Рис. 3. – Римская мозаика (III век) Мёбиуса



Рис. 4. - Памятник Ленте в Минске

22 января 2009 года в Минске был открыт памятник Ленте Мёбиуса к восьмидесятилетнему юбилею 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 (Рис. 5, 6).

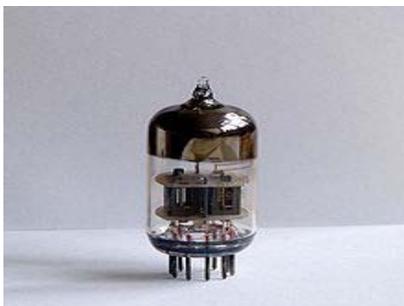


Рис. 5. - Триод.



Рис. 6. - Кассеты для магнитофона

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 (рис.5), предложил записывать звук на киноленте без перемены катушек, сразу «с двух сторон» (рис. 6). Ему выдали патент № 1442632. В 1969 году советский изобретатель А. Губайдуллин получил авторское свидетельство № 236278 на бесконечную шлифовальную ленту (рис. 7), 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. На основе исследований поверхности ленты Мебиуса и ее свойств было создано множество устройств и приборов. Например, 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 (рис. 8) 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].

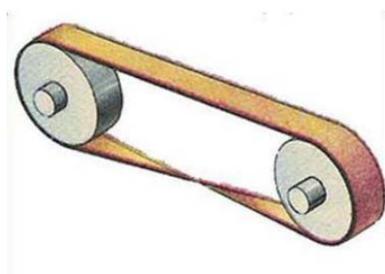


Рис. 7. – Шлифовальная лента конвейера

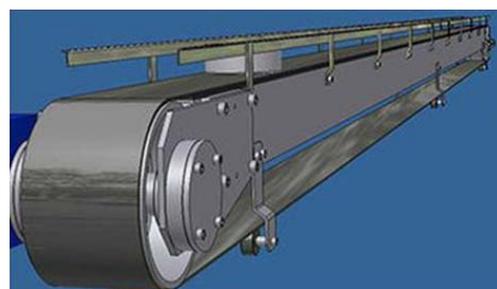


Рис. 8. – Полоса ленточного конвейера на основе ленты Мёбиуса

Модель ленты Мёбиуса можно легко сделать из бумаги: надо взять достаточно длинную бумажную полоску и склеить её противоположные концы в кольцо, предварительно перевернув один из них (рис. 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 надо обратить на правильную ориентацию ширины ленты относительно траектории движения и её плавный перегиб. Непосредственно поверхность формируется командой «Люфт» путем последовательного добавления эскизов, в качестве направляющей задаётся траектория движения ленты - окружность. Твердотельная модель воспроизводится из поверхности командой «Толщина» с двунаправленной ориентацией, далее назначается материал и текстура (Рис. 9) [3].

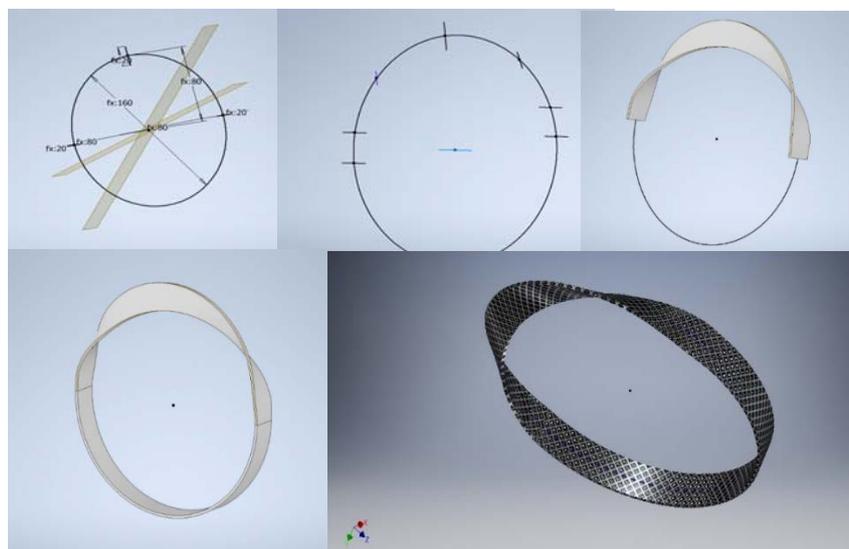


Рис. 9. – Поэтапное создание трёхмерной модели ленты Мёбиуса, выполненная в Autodesk Inventor

В соответствии с разработанным алгоритмом средствами Autodesk Inventor создана параметризованная твердотельная

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 STRI

Материал принят к публикации 28.04.2022 года