



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

ФАКУЛЬТЕТ \_\_\_\_\_ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА \_\_\_\_\_ «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

## **ОТЧЕТ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ**

Студент \_\_\_\_\_ **Маслова Марина Дмитриевна**  
*фамилия, имя, отчество*

Группа \_\_\_\_\_ **ИУ7-43Б**

Тип практики \_\_\_\_\_ **технологическая**

Название предприятия \_\_\_\_\_ **МГТУ им. Н. Э. Баумана**

Студент \_\_\_\_\_ **Маслова М. Д.**  
*подпись, дата* \_\_\_\_\_ *фамилия, и.о.*

Руководитель практики \_\_\_\_\_ **Куров А. В.**  
*подпись, дата* \_\_\_\_\_ *фамилия, и.о.*

Оценка\_\_\_\_\_

# **Содержание**

<b>Введение</b>	<b>3</b>
<b>1 Аналитическая часть</b>	<b>5</b>
1.1 Одежда, как объект физического мира . . . . .	5
1.2 Методы визуализации одежды . . . . .	6
1.2.1 Геометрические методы . . . . .	7
1.2.2 Физические методы . . . . .	8
1.3 Методы разрешения пересечений и самопересечений . . . . .	9
1.4 Существующие программные обеспечения . . . . .	9
1.5 Выбор метода моделирования . . . . .	9
<b>Литература</b>	<b>10</b>

# Введение

Современные исследования в области компьютерной графики сосредоточены на моделировании и визуализации явлений реального мира с максимальной реалистичностью. Моделирование одежды и, как более общего случая, ткани играют не последнюю роль в детализации виртуальных сред [1]. Реалистичный вид одежды придает выразительности анимационным персонажам в компьютерных играх и мультипликации [2]; в фильмах помогает сделать неотличимыми реального человека, снятого на камеру, от, так называемого, цифрового дублера — виртуальной реалистичной копии, которая "выполняет" сложные, опасные для жизни трюки [3]. Также сегодня развивается идея виртуальной примерочной в интернет-магазинах [4]. Все это показывает практическую применимость моделирования одежды, а следовательно, необходимость разработки методов её визуализации.

Ткань, основа одежды, является материалом с уникальными свойствами: гибкостью и изменением формы при небольшом воздействии [5]. Они вносят в рассматриваемые явления хаотичность, что замечается в реальной жизни: каждый раз, когда человек надевает тот или иной элемент одежды, многие детали выглядят по-разному [6]. Перечисленные свойства усложняют задачу моделирования тканых материалов по сравнению с моделированием твердых тел [7]. Стоит отметить также разные цели моделирования ткани. Так, в анимации акцент делается на внешний вид конечного результата, в то время как в инженерном сообществе, которое также работает с ткаными материалами, ценится физическая точность [3]. Всё выше перечисленное приводит к тому, что существует большое количество методов визуализации ткани, использующихся в каждой конкретной ситуации. В данной курсовой работе ставится цель получения изображения одежды и достижения его реалистичности.

Цель работы — разработать программное обеспечение для реалистичной визуализации плечевой одежды на примере футболки, предоставляющее возможность изменения её положения (перемещение, вращение, масштабирование).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- формально описать модель ткани, как части одежды;

- проанализировать методы визуализации ткани и соединения её частей для получения одежды;
- разработать и реализовать алгоритм визуализации плечевой одежды.

# 1 Аналитическая часть

## 1.1 Одежда, как объект физического мира

Любая одежда: футболки, брюки, носки, шарфы и куртки и т. д., — представляет собой одну или несколько соединенных между собой деталей из ткани. Ткань, в свою очередь, состоит из натуральных или искусственных волокон или нитей, которые производятся путем прядения различных материалов (рисунок 1.1), таких как шерсть, хлопок, лен и т. п. Для соединения полученных волокон используют следующие техники:

- ткачество — изготовление ткани путем переплетения нитей под прямым углом (рисунок 1.2(а));
- вязание — соедение волокон между собой путем образования и протягивания петель (рисунок 1.2(б));
- макраме — закрепление нитей с помощью узлов (рисунок 1.2(с));
- прессование волокон животных (получение войлока) (рисунок 1.2(д)).

После применения одной из этих техник получается готовая ткань.



(а)



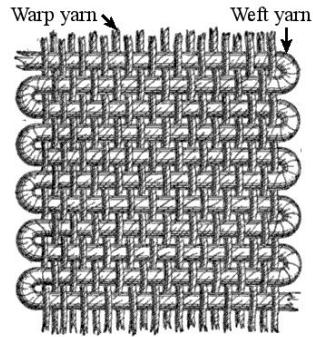
(б)



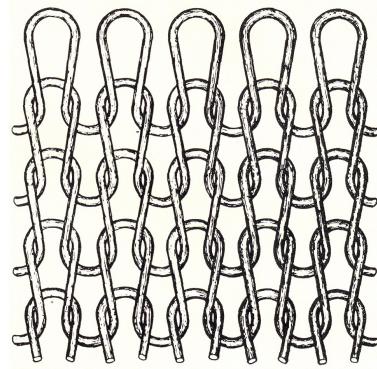
(с)

Рисунок 1.1 – Виды волокон: (а) шерсть, (б) хлопок, (с) лен

Разные волоконные материалы и техники их соединения являются причиной различной степени проявления разными тканями основных механических свойств: растяжения, сдвига и изгиба. Отсутствие у тканых материалов упругих свойств приводит к образованию складок и легкому драпированию на другие объекты. Таким образом, разное строение ткани в зависимости от типа волокон, большое количество узлов, из которых она состоит, разные степени



(a)



(b)



(c)



(d)

Рисунок 1.2 – Техники соединения волокон: (а) ткачество, (б) вязание, (с) макраме, (д) войлок

проявления механических свойств, большое количество степеней свободы – все это создает сложности при моделировании ткани. Поэтому существуют и разрабатываются методы визуализации ткани, отвечающие различным требованиям: одни работают быстро, но получаемые ими изображения менее реалистичны, другие создают реалистичное изображение, что требуют больших затрат по времени. Поэтому при решении задачи визуализации ткани часто приходится делать выбор между скоростью и реалистичностью [11].

## 1.2 Методы визуализации одежды

Как уже было сказано выше, одежда является более сложной формой ткани, поэтому далее будут рассмотрены методы моделирования тканых материалов. Данные методы можно разделить на два основных типа:

- геометрические методы;
- физические методы.

### 1.2.1 Геометрические методы

Геометрические методы не учитывают физические свойства ткани, они фокусируются на воспроизведении внешнего вида тканых материалов с помощью представления поверхности математическими функциями. Таким образом, в данных методах не требуется решение сложных систем уравнений, что дает им преимущество в виде большой скорости выполнения [7].

Хотя геометрические методы за короткое время могут с достаточной долей реалистичности визуализировать ткань, каждый из них либо решает достаточно специфическую задачу, например, воспроизведение висящей ткани или моделирование складок на рукаве, либо нуждается в активном содействии пользователя, что уменьшает количество сфер, в которых их можно применить [7].

Геометрическими методами являются:

- метод моделирования свисающей ткани [8];

Данный метод предназначен для моделирования тканого материала, который закреплен на некотором количестве точек. Ткань считается прямоугольной и представляется в виде сетки, а моделирование выполняется в два этапа:

- 1) На первом этапе каждая пара заданных точек соединяется цепной (catenary) кривой, представленной формулой:

$$y = a \cosh\left(\frac{x}{a}\right),$$

где  $a$  — коэффициент масштабирования. Если при этом проекции двух кривых на плоскость  $XOZ$  пересекаются как показано на рисунке 1.3, то для устранения дополнительных вычислений, нижняя кривая удаляется. После завершения этого этапа модель представляет изогнутый каркас, форма которого только приближается к структуре ткани.

- 2) Для получения более точной модели добавляются новые поверхности, которые создаются путем разделения треугольников, образованных цепными кривыми, вычисленными на предыдущем этапе.

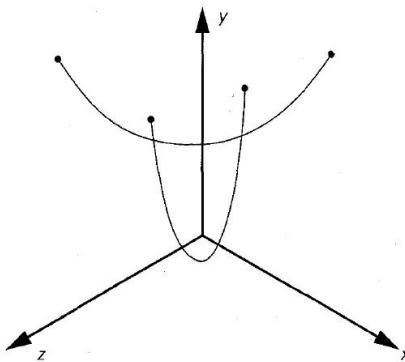


Рисунок 1.3 – Две пересекающиеся цепные кривые

Новые треугольники также разделяются. Итерационный процесс продолжается до тех пор, пока максимальное смещение точек сетки за один проход не станет меньше заданного значения.

После завершения двух этапов полученная модель визуализируется с предварительным нанесением на нее сплайновый кривых для получения гладкого изображения ткани[8][7].

- метод моделирования складок на рукаве [7];  
вообще супер, но у нас футболка;
- методы со значительной степенью вмешательства пользователя [9][10].  
нам нужно без пользователя.

## 1.2.2 Физические методы

В физических методах модель ткани представляют в виде треугольных или прямоугольных сеток с точечными массами в узлах. Взаимодействие между этими массами описываются различными способами в зависимости от метода. В моделях, основанных на энергии, положение точки определяется энергетическим состоянием системы, а именно: ищется такое состояние ткани, в котором энергия системы минимальна. В других моделях силы взаимодействия между точечными массами описываются дифференциальными уравнениями, решение которых производится с помощью численного интегрирования, в результате чего получают координаты точки. [7]

Так как в физических методах проводится большое количество вычислений: решение системы дифференциальных уравнений или перебор состо-

яний системы для поиска минимумов энергии, — скорость их выполнения ниже, чем у геометрических методов. Однако физические методы предоставляют большую свободу: мы можем создать реалистичное изображение без привлечения пользователя, а также можем смоделировать разные виды ткани, изменяя физические характеристики (например, увеличение значения массы в узлах приведет к утяжелению ткани), что также позволяет сделать модель более правдоподобной. [7]

Основными физическими моделями являются [11]:

- модель сплошной среды (Continuum Model) [12];  
сложноЛ
- энергетическая модель систем частиц (Energy-Based Particle Systems Model) [13];  
статическая
- массо-пружинная модель (Mass-Spring Model) [14].

То, что надо и инфы много

### 1.3 Методы разрешения пересечений и само-пересечений

Предполагается пересечение с торсом + складки, поэтому надо добавить, возможно впишется в предыдущий раздел Может быть, надо где-то описать методы соединения деталей одежды

### 1.4 Существующие программные обеспечения

Готовое ПО + какие методы использованы

### 1.5 Выбор метода моделирования

Mass-Spring Model Подробное описание выбранного метода

# Литература

- [1] Simnett Timothy J. R. Real-time simulation and visualisation of cloth using edge-based adaptive meshes. 2012.
- [2] Zurdo Javier S., Brito J. P., Otaduy M. Animating Wrinkles by Example on Non-Skinned Cloth // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. 2013. Т. 19. С. 149–158.
- [3] Stuyck Tuur. Cloth Simulation for Computer Graphics // Cloth Simulation for Computer Graphics. 2018.
- [4] Keckeisen M. Physical cloth simulation and applications for the visualization, virtual try-on and interactive design of garments. 2005.
- [5] Shapri Nur Saadah Mohd, Bade A., Daman D. Dynamic cloth interaction including fast self-collision detection. 2009.
- [6] Kieran Elaine, Harrison Gavin, Openshaw Luke. Cloth Simulation. Режим доступа: [https://nccastaff.bournemouth.ac.uk/jmacey/OldWeb/MastersProjects/Msc05/cloth\\_simulation.pdf](https://nccastaff.bournemouth.ac.uk/jmacey/OldWeb/MastersProjects/Msc05/cloth_simulation.pdf) (дата обращения: 21.09.2021).
- [7] Ng H. N., Grimsdale R. L. Computer graphics techniques for modeling cloth // IEEE Computer Graphics and Applications. 1996. Т. 16. С. 28–41.
- [8] WeilJerry. The synthesis of cloth objects // Computer Graphics. 1986.
- [9] Hinds B., McCartney J. Interactive garment design // The Visual Computer. 2005. Т. 6. С. 53–61.
- [10] Ng H. N., Grimsdale R. L. GEOFF - A Geometrical Editor for Fold Formation // ICSC. 1995.
- [11] Yalçın M. A., Yıldız Cansin. Techniques for Animating Cloth. 2009.
- [12] Elastically deformable models / Demetri Terzopoulos, John C. Platt, A. Barr [и др.] // SIGGRAPH '87. 1987.

- [13] Breen D., House D., Getto P. A physically-based particle model of woven cloth // The Visual Computer. 2005. T. 8. C. 264–277.
- [14] Provot Xavier. Deformation Constraints in a Mass-Spring Model to Describe Rigid Cloth Behavior. 1995.