

*Алексеева Анна Андреевна, Плотникова Эвелина Юрьевна, Шейкина
Алиса Сергеевна, Попов Даниил Александрович, Короткова Виктория
Викторовна*

Студент, кафедра биотехнологии, пищевой и химической инженерии,
Алтайский Государственный Технический университет им. И. И. Ползунова,
РФ, г. Барнаул
mail: anna.anqel020507@gmail.com , plotnikovaevelina15@gmail.com,
7a3z0l9g@gmail.com, evangelion129083@gmail.com,
viktoriakorotkova269@gmail.com

Лёвкин Игорь Васильевич

Научный руководитель, кандидат технических наук,
кафедра информатики, вычислительной техники и информационной
безопасности, Алтайский Государственный Технический университет
им. И. И. Ползунова,
РФ, г. Барнаул

МЕТОД МЕЛКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ШВЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В данной статье рассматривается применение метода мелких элементов (метода фрагментов) в процессе проектирования одежды. Метод основан на разбиении сложных конструктивных решений на более простые и универсальные элементы, что позволяет повысить точность моделирования и оптимизировать технологические процессы. В статье представлены математические модели, описывающие взаимодействие и расположение мелких элементов в конструкции одежды.

This article discusses the application of the small element method (fragment method) in the clothing design process. The method is based on breaking down complex design solutions into simpler and more versatile elements, which makes it possible to increase the accuracy of modeling and optimize technological processes. The article presents mathematical models describing the interaction and arrangement of small elements in the design of clothing.

Ключевые слова: метод мелких элементов, швейное производство, легкая промышленность

Key words: small element method, garment production, light industry

Метод мелких элементов в проектировании одежды: от теории к практике.

В современном мире моды и текстильной промышленности все больше внимания уделяется не только эстетической привлекательности одежды, но и ее функциональности, комфорту и соответствию требованиям рынка. Для достижения этих целей активно стали использоваться методы компьютерного моделирования, среди которых особое место занимает метод мелких элементов (ММЭ). ММЭ позволяет с высокой точностью прогнозировать поведение ткани, анализировать посадку одежды на фигуре и оптимизировать конструкции, что значительно сокращает время разработки и снижает затраты на прототипирование.

Основы метода мелких элементов

Метод мелких элементов (ММЭ) – это численный метод, который используется для решения различных инженерных и физических задач, в том числе в проектировании одежды. Он позволяет анализировать напряженно-деформированное состояние материалов, прогнозировать поведение ткани при различных нагрузках и оптимизировать конструкцию изделия. В контексте проектирования одежды, ММЭ помогает создавать более удобную, прочную и эстетически привлекательную одежду, а также снижать затраты на разработку и производство.

Основные принципы и этапы метода мелких элементов

Процесс моделирования ММЭ обычно включает следующие этапы:

Предварительная обработка (Pre-processing):

1.Геометрическое моделирование: Создание 3D-модели ткани или одежды. Это может быть сделано с использованием САД-систем или специализированных программ для моделирования одежды.

2.Дискретизация: Разбиение модели на конечное число элементов (создание сетки). Размер и форма элементов влияют на точность решения, поэтому важно выбрать оптимальную сетку. Для каждого элемента записываются уравнения, описывающие его поведение под воздействием внешних сил и граничных условий. Затем, решения для всех элементов объединяются, чтобы получить общее решение для всей системы.

3.Определение свойств материала: Задание физических характеристик ткани, таких как модуль упругости, коэффициент Пуассона, плотность и т.д. Эти данные могут быть получены из экспериментальных испытаний ткани.

4.Определение граничных условий: Указание ограничений на движение модели (например, точки крепления) и задание приложенных нагрузок (например, гравитация, давление).

Решение (Solving):

1.Решатель ММЭ использует математические алгоритмы для решения системы уравнений, описывающих поведение каждого элемента. Этот процесс может быть вычислительно интенсивным, особенно для сложных моделей.

Постобработка (Post-processing):

1.Визуализация результатов расчета. Программа отображает деформацию модели, распределение напряжений, перемещения и другие параметры. Эти данные могут быть использованы для анализа поведения ткани и оптимизации конструкции одежды.

Математические основы ММЭ :

ММЭ основан на аппроксимации решения дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих поведение упругого тела. В основе лежит принцип минимизации потенциальной энергии системы.

Уравнение упругого тела (в общем виде):

$$\nabla \cdot \sigma + f = 0$$

Где:

σ – тензор напряжений

f – вектор объемных сил (например, вес)

$\nabla \cdot$ – оператор дивергенции

Соотношение Коши (связь деформаций и перемещений):

$$\varepsilon = (1/2) * (\nabla u + (\nabla u)^T)$$

Где:

ε – тензор деформаций

u – вектор перемещений

∇u – градиент вектора перемещений

T – оператор транспонирования

Закон Гука (связь напряжений и деформаций для линейно-упругого материала):

$$\sigma = D\varepsilon$$

Где:

D – матрица упругости материала (зависит от E и ν)

Принцип виртуальной работы (или принцип минимума потенциальной энергии):

$$\int \sigma : \delta\varepsilon \, dV = \int f \cdot \delta u \, dV + \int t \cdot \delta u \, dA$$

Где:

δu – виртуальное перемещение

$\delta\varepsilon$ – виртуальная деформация, соответствующая δu

t – вектор поверхностных сил (нагрузка на поверхности)

V – объем тела

A – площадь поверхности тела

$:$ – оператор двойного скалярного произведения тензоров

Аппроксимация перемещений внутри элемента:

Внутри каждого конечного элемента перемещения u аппроксимируются полиномами, зависящими от значений перемещений в узлах элемента (u_i).

$$u(x, y, z) = \sum N_i(x, y, z) * u_i$$

Где:

N_i – функции формы (shape functions), определяющие вклад перемещения i -го узла в перемещение в любой точке внутри элемента. Вид функций формы зависит от типа элемента (треугольник, четырехугольник, тетраэдр и т.д.) и порядка аппроксимации (линейная, квадратичная и т.д.).

Матричная форма уравнения для конечного элемента:

После подстановки аппроксимаций в принцип виртуальной работы и проведения интегрирования по объему элемента, получается матричное уравнение для каждого элемента:

$$K_e u_e = f_e$$

Где:

K_e – матрица жесткости элемента (зависит от свойств материала и геометрии элемента). Вычисляется на основе интегралов от функций формы и матрицы упругости.

u_e – вектор перемещений узлов элемента.

f_e – вектор узловых сил, действующих на элемент.

Глобальная система уравнений:

Уравнения для всех элементов собираются в глобальную систему уравнений:

$$KU = F$$

Где:

K – глобальная матрица жесткости (собирается из матриц жесткости элементов с учетом их соединения).

U – глобальный вектор перемещений узлов всей сетки.

F – глобальный вектор узловых сил.

Решение системы уравнений:

Решается система линейных алгебраических уравнений $KU = F$ с учетом заданных граничных условий. Существуют различные численные методы для решения этой системы (например, метод Гаусса, метод сопряженных градиентов).

Вычисление напряжений и деформаций:

После нахождения перемещений в узлах, вычисляются деформации и напряжения в каждом элементе с использованием соотношений Коши и закона Гука.

Детали, которые следует учитывать при использовании ММЭ в проектировании одежды:

Выбор типа конечных элементов: Для моделирования ткани часто используются оболочечные элементы (shell elements), которые учитывают изгиб и растяжение.

Модели материалов: Ткани обладают анизотропными свойствами (свойства зависят от направления). Необходимо использовать модели материалов, учитывающие это. Существуют специализированные модели для тканей, например, ортотропная модель или модель ткани с учетом сдвиговой жесткости.

Контактные взаимодействия: Если в одежде есть несколько слоев ткани или фурнитура, необходимо учитывать контактные взаимодействия между ними (например, трение).

2. Повышение эффективности организации швейного мелкосерийного производства URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-organizatsii-shveynogo-melkoseriynogo-proizvodstva>
3. ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДЕЖДЫ URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-sovremennyh-tehnologiy-v-proektirovanie-odezhdy>
4. Курс лекций для магистров направления подготовки 29.04.05. «Конструирование изделий легкой промышленности» по дисциплине Инновации в легкой промышленности URL: http://ftp.stis.su/Sveden/education/metod/tk_i_o/Metod_innovacii_lp_16.11.2015.pdf