

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧ СТРУКТУРНОЙ МЕХАНИКИ ТКАНЫХ ПОЛОТЕН

**Севостьянов П.А., д.т.н., проф., Самойлова Т.А., ст. преп., Монахов В.В., асп.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина*

*(Технологии. Дизайн. Искусство),*

*г. Москва, Российская Федерация*

Реферат. В статье рассмотрены вопросы моделирования деформации тканых полотен. Проведено сравнение результатов моделирования при разных уровнях детализации моделей.

Ключевые слова: моделирование, тканые полотна, деформация.

Моделирование деформации тканых полотен при механических нагрузках является одним из распространенных методов исследования свойств этих полотен [1-3]. Рассмотрим деформацию прямоугольного образца текстильной ткани под действием линейно нарастающего удлинения вдоль одной из систем нитей, например, основы. Вдоль каждой системы нитей полотно имеет периодическую структуру, обусловленную раппортом ткани или чередованием перекрытий нитей и участков между перекрытиями. Это позволяет считать, что геометрические и механические характеристики образца описываются периодическими функциями координат вдоль основы (ось  $X$ ) и утка (ось  $Y$ ). Для больших образцов, включающих сотни и тысячи нитей, эта периодическая составляющая является «высокочастотной», поскольку ее периоды лежат в пределах малого числа нитей.

Целью данного исследования была оценка роли этой «периодики» в напряженном состоянии образца ткани в пределах упругой составляющей деформации. Сравнивались результаты моделирования деформации при разных уровнях детализации моделей. В первом варианте (одномерная модель ОМ-1) образец рассматривался как одномерная сплошная абсолютно упругая линейная среда при малых деформациях. В двух других вариантах модели с учетом симметрии образец рассматривалась как одномерный объект с распределенной по его длине силовой нагрузкой и неоднородными характеристиками упругости. В пределах линейной упругой теории базовыми соотношениями, описывающими деформацию, являются зависимость между относительной деформацией  $\varepsilon_{xx}(x)$  и механическим напряжением  $\sigma_{xx}(x)$  (закон Гука):  $\sigma_{xx}(x) = E_{xx}(x) \varepsilon_{xx}(x)$ , где  $E_{xx}(x)$  модуль упругости, зависимость между механическим напряжением  $\sigma_{xx}(x)$  и распределенной по длине образца нагрузки  $q(x)$

$$\frac{d\sigma_{xx}(x)}{dx} = q(x) \quad (1)$$

и зависимость между относительной деформацией и смещением поперечных сечений  $u(x)$

$$\frac{du(x)}{dx} = \varepsilon(x), \quad 0 \leq x \leq L \quad (2)$$

Интегрирование уравнений (1) и (2) приводит к формулам

$$\sigma_{xx}(x) = \int_0^x q(z) dz + C_1 \quad (3)$$

$$u(x) = \int_0^x \frac{1}{E_{xx}(l)} \left( \int_0^l q(z) dz + C_1 \right) dl + C_2 \quad (4)$$

Константы интегрирования  $C_1$  и  $C_2$  находят из граничных условий  $u(0) = 0$  и  $u(L) = pL t / T_{\text{мод}}$ . Здесь  $L$  длина образца вдоль оси  $X$ ,  $p$  наибольшее относительное смещение подвижного края образца,  $t$  время удлинения,  $T_{\text{мод}}$  модельное время удлинения.

Распределенная нагрузка (одномерные модели ОМ-2 и ОМ-3) моделирует силы воздействия нитей утка на удлиняемые нити основы, и действует в сторону, противоположную деформации. Для однородного образца (одномерная модель ОМ-2) эта нагрузка и модуль упругости – постоянные величины. Интегралы (3) и (4) и константы интегрирования легко вычисляются аналитически. В одномерной модели ОМ-3 модуль упругости, коэффициент Пуассона и распределенная нагрузка являются периодически меняющимися параметрами. Например,  $E_{xx}(x) = E_0 (1 + A \sin(2\pi fx))$ , где  $E_0$  среднее значение модуля,  $A$  амплитуда колебаний модуля относительно среднего значения,  $f$  частота этих колебаний. Для этой модели интегралы (3) и (4) можно найти численными методами с желаемой точностью.

Одномерные модели не учитывают влияния поперечных и касательных деформаций в двумерном образце, которые возникают при его одноосном растяжении. Поэтому сравнение вариантов модели было обобщено на двумерный образец (модель ДМ), имевший периодически меняющиеся  $q(x, y)$ ,  $E(x, y)$  и коэффициент Пуассона  $\mu(x, y)$  вдоль и поперек удлинения образца. Моделирование выполнено с применением метода конечных элементов.

На рис.1 в качестве примера результатов моделирования показаны распределения абсолютной деформации вдоль диагонального сечения образца от крайней точки линии закрепления образца до середины линии движущегося зажима, удлиняющего образец, для разных вариантов моделей. Рисунок подтверждает вывод о том, что локальная структурная деформация в образце существенно варьирует в зависимости от значений локальных параметров материала, а глобальная тенденция в изменении напряжений и деформаций в образце подобна однородному образцу. Поэтому при исследовании деформации участков тканых полотен, включающих в себя большое число нитей основы и утка образец можно рассматривать как однородный материал.

Все варианты моделей сравнивались при одинаковых исходных значениях параметров и начальных условиях моделирования: длина образца  $L = 0,5$  м, ширина образца  $H = 0,2$  м; средние значения модуля упругости, распределенной нагрузки и коэффициента Пуассона соответственно равны  $E_0 = 2e9$  Па;  $q_0 = 1e9$  Н м<sup>-3</sup>;  $\mu_0 = 0,27$ ,  $A = 0,8$  и  $f = 12 / L$ . Относительное удлинение образца по оси  $X$  равно  $p = 0,1$ . В моделях ОМ-3 и ДМ приняты следующие законы варьирования параметров

$$q(x) = q_0(1 + A \sin(2\pi fx)); \quad E(x) = E_0(1 + A \sin(2\pi fx))$$

$$q(x, y) = q_0(1 + A \sin(2\pi fx)); \quad \mu(x, y) = \mu_0(1 + A \cos(2\pi fy))$$

$$E(x, y) = E_0(1 + A \sin(2\pi fx) \cos(2\pi fy))$$

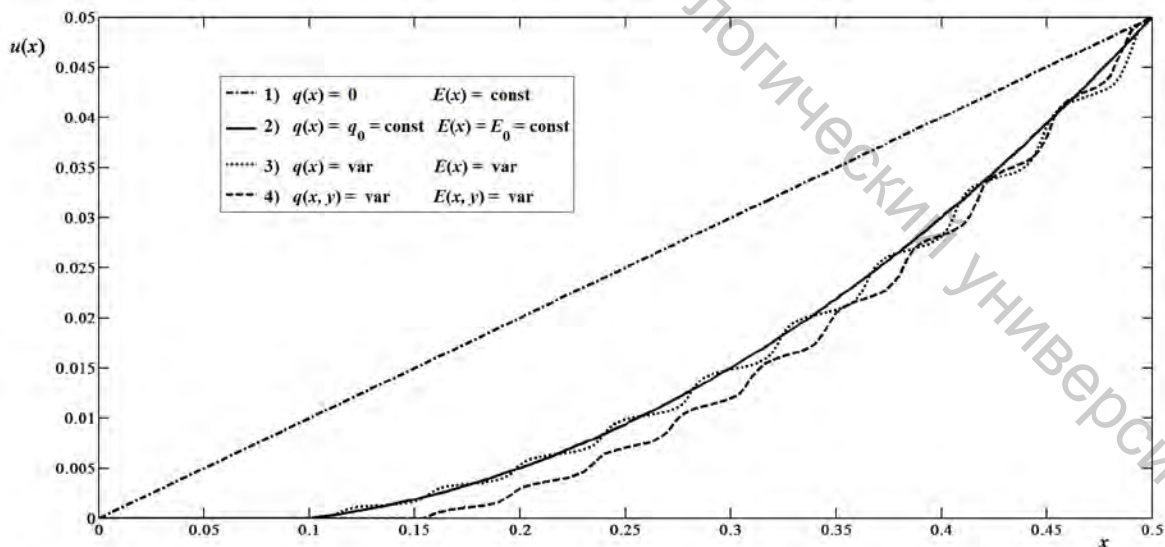


Рисунок 1 – На рисунке обозначены: 1) модель ОМ-1; 2) модель ОМ-2; 3) модель ОМ-3; 4) модель ДМ.

Сравнение результатов моделирования однородного материала и материала с периодически изменяющимися параметрами в широком диапазоне значений  $A$ ,  $f$ ,  $p$  и

отношений  $q/E_0$  показало, что хотя локальные распределения напряжений и деформаций в двух моделях отличаются, общие тенденции и закономерности оказываются одинаковыми.

Заметим, что при исследовании задач истирания и разрыва образца ткани такое упрощение неприемлемо, поскольку оба эффекта: истирание и разрыв, - развиваются и локализуются в малой области полотна. Моделирование этих процессов должно осуществляться обязательно с привлечением статистических методов и учета неоднородности структуры и строения полотна в локальных областях ткани.

#### Список использованных источников

1. Севостьянов П.А. Компьютерные модели в механике волокнистых материалов. Монография. - М.: Тисо Принт, 2013. - 254 с. ISBN 978-5-9904852-1-1
2. Севостьянов П.А., Монахов, В.И., Самойлова Т.А., Дасюк П.Е. Моделирование динамики удлинения и разрыва образца ткани с учетом случайных вариаций и изменений в структуре ткани и взаимодействии нитей. Химические волокна – 2015 - №6 – с. 79-82.
3. Sevost'yanov P.A., Monakhov V.I., Samoilova T.A., Dasyuk P.E. Modeling fabric sample elongation and breaking dynamics, taking account of random variations and changes in fabric structure and interaction of yarns // Fibre Chemistry. March 2016, Volume 47, Issue 6, pp 501–504.

### 3.2 Экология и химические технологии

УДК 628.3.027

#### **АДСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД КРАСИЛЬНО-ОТДЕЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИРОДНЫМИ МОДИФИЦИРОВАННЫМИ СОРБЕНТАМИ**

**Бобарыкина А.В., маг., Пыркова М.В., доц.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина*

*(Технологии. Дизайн. Искусство),*

*г. Москва, Российская Федерация*

Реферат. В статье исследован адсорбционный процесс очистки стоков, содержащих кислотные красители различного строения, природными адсорбентами. Предпринята попытка повысить адсорбционную емкость шунгита путем его обработки катионным флокулянтom. Определены параметры адсорбционной очистки в динамических условиях.

Ключевые слова: адсорбент, адсорбция, кислотные красители, сорбционная активность, насыпная плотность.

Загрязнение окружающей среды является актуальнейшей проблемой современности, т.к. антропогенная деятельность затрагивает все земные сферы: атмосферу, гидросферу и литосферу. Основным источником загрязнений является возвращение в природу огромной массы отходов, которые образуются в процессе производства и потребления человеческого общества. Красильно-отделочные производства включают ряд влагоемких процессов, среди которых подготовка материалов к колорированию, крашение, промывка и мокрая отделка текстильных материалов. Сточные воды красильно-отделочных производств отличаются непостоянством состава и содержат большое количество различных органических и неорганических соединений, что затрудняет их очистку. Наибольшую сложность при очистке представляют продукты разрушения красителей и текстильно-вспомогательных веществ (ТВВ).

Целью исследования является разработка рациональной схемы очистки, основным блоком которой является адсорбционная очистка. Первоначально проводили оценку сорбционных свойств выбранных природных сорбентов: активированный уголь, цеолит, шунгит. Для исследования использовали сорбенты: