

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

И.А. ШЕРОМОВА, Г.П. СТАРКОВА, А.С. ЖЕЛЕЗНЯКОВ

(Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,
Новосибирский технологический институт (филиал) МГУДТ)

В работе рассматривается методика и результаты исследований статического деформирования волокнистых материалов методом конечных элементов (МКЭ). Такой подход позволяет в ряде случаев отказаться от длительных и дорогостоящих экспериментов и посредством моделирования процессов получить недостающие данные для проектирования исполнительных механизмов машин и параметров технологических операций.

В общем случае МКЭ позволяет решить следующую систему линейных уравнений:

$$P = K\Delta, \quad (1)$$

где P – система приложенных сил; K , Δ – соответственно матрицы жесткости и перемещений исследуемого объекта.

Объединенная запись матричного уравнения для трехмерного объекта, когда третий линейный параметр принят равным "1", имеет вид:

$$\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \dots p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} \dots p_{2n} \\ \dots & \dots \\ p_{m1} & p_{m2} \dots p_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \dots k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} \dots k_{2n} \\ \dots & \dots \\ k_{m1} & k_{m2} \dots k_{mn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \dots \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \dots \delta_{2n} \\ \dots & \dots \\ \delta_{m1} & \delta_{m2} \dots \delta_{mn} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Решение матричного уравнения (2) проводится известными программными

средствами (COSMOS/ M; ANSYS; ALGOR и др.).

Для решения системы уравнений (2) в общем случае необходимы численные значения модуля упругости объекта E , условного коэффициента Пуассона (или поперечного сокращения $-\mu$) и предела пропорциональности σ_n , что должно быть, вследствие отсутствия для текстильных материалов достаточной информации, получено экспериментальным путем.

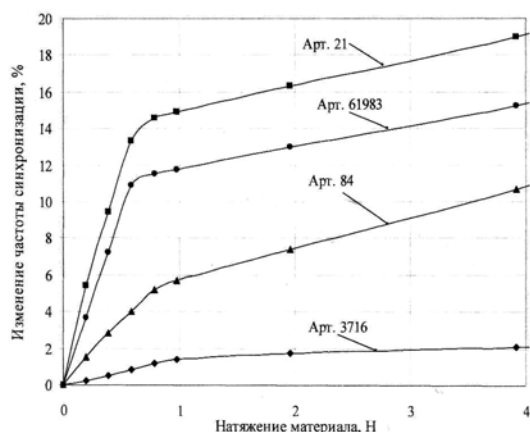


Рис. 1

Для апробации методики и исследования возможностей использования МКЭ при прогнозировании НДС материалов воспользуемся известными экспериментальными данными [1]. Кривые деформации материалов (рис. 1 – экспериментальная зависимость $\varepsilon = f(T)$) в области двух зон I и II действующих сил могут быть аппроксимированы соответственно функциями вида:

$$\varepsilon_{1,2} = a_{1,2} T_1,$$

где $\varepsilon_{1,2}$ – относительная деформация материала, %; T_1 – сила натяжения, Н; $a_{1,2}$ – коэффициенты, определяющие наклон графиков деформаций для I-й и II-й зон нагружения.

Допустим, что условный модуль упругости материала E в зонах рассматриваемых деформаций определяется известным выражением

$$E = \frac{T_1 \ell}{\Delta \ell F}, \quad (3)$$

где ℓ и $\Delta \ell$ – соответственно первоначальная длина, м; $\Delta \ell$ – удлинение, м.

С учетом того, что

$$\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell} 100\%,$$

выражение (2) приведем к виду

$$E = \frac{T_1}{\varepsilon_1 F} 100\%.$$

Но так как

$$a_{1,2} = \frac{\varepsilon_{1,2}}{T_1},$$

то

$$E = \frac{1}{a_{1,2} F} 100\%. \quad (4)$$

Для I-й зоны деформаций разных артикулов материалов значения a_1 и площади их поперечных сечений F представлены в табл. 1.

Таблица 1

Артикул ткани	3716	61983	84	21
a_1	1,246	18,563	7,199	24,776
$A \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2$	42	72	42	60

Согласно данным табл. 1 и выражению (4) условные модули упругости (быстрого процесса [2]) для рассматриваемых артикулов будут соответственно равны:

$$E_{3716} = 1,911 \text{ МПа}; E_{61983} = 0,075 \text{ МПа}; \\ E_{84} = 0,331 \text{ МПа}; E_{21} = 0,067 \text{ МПа}.$$

На рис. 1 выделены две зоны деформации, изменяющиеся в исследуемом диапазоне нагружения T_1 по линейным законам. Границы между зонами определяются пределами условной упругости материалов.

$$\sigma_{n3716} = 0,0233 \text{ МПа}; \sigma_{n61983} = 0,0082 \text{ МПа}; \\ \sigma_{n84} = 0,0187 \text{ МПа}; \sigma_{n21} = 0,0098 \text{ МПа}.$$

В качестве примера проведем МКЭ исследования НДС материала арт. 84 (трико-

тажная группа материалов), движущегося по горизонтальной поверхности разбраковочного экрана 1 контрольно-мерильной машины и взаимодействующего с мерительным роликом 2 (рис. 2 – схема действия сил).

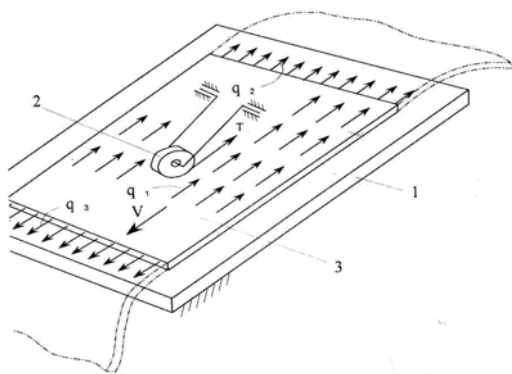


Рис. 2

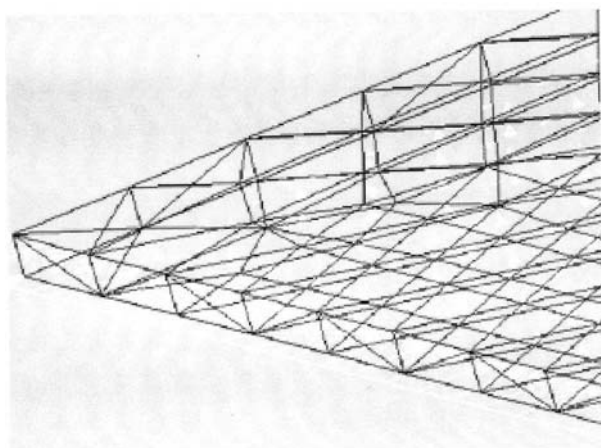


Рис. 3

Согласно процедуре моделирования после проверки степеней свободы и состояния равновесия по рассматриваемым нагрузкам запускается опция генерации сетки конечных элементов (рис. 3 – схема разбиения объекта на конечные элементы). Далее определяется количество элементов и узлов сетки, строится и решается система уравнений относительно искомых параметров.

Результаты моделирования представлены на рис. 4 в виде диаграммы перемещений (деформаций) материала, которая отражает степень неравномерности их рас-

На материал действуют следующие виды нагружения: сосредоточенная сила T , состоящая из силы трения материала по столу от веса ролика и его трения качения в опорах, нагрузка на единицу площади материала от сил трения по столу q_1 , погонные нагрузки от натяжения при размотке q_2 и от привода движения материала q_3 .

Согласно предварительным расчетам

$$T = 0,227 \text{ Н}; q_1 = 5,75 \text{ Па}; q_2 = 3,91 \text{ Н/м}; q_3 = 6,39 \text{ Н/м}.$$

Принятые значения являются составляющими вектора сил P матричного уравнения (1). Расчет НДС материала проводился по схеме трехмерного твердотельного проектирования с использованием модуля FEA Calculation 3D.

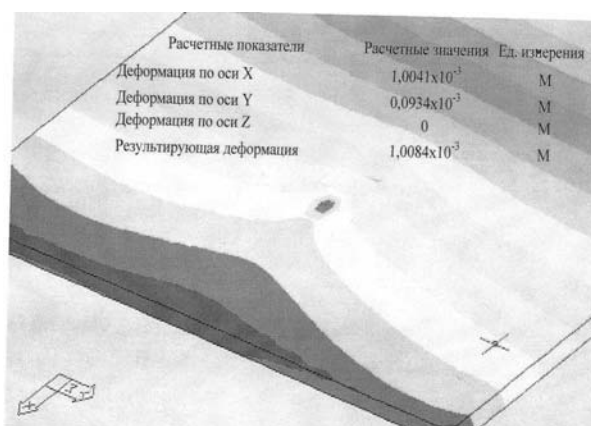


Рис. 4

пределения. При этом наиболее рельефно выделена локальная зона НДС материала, создаваемая его контактом с мерительным роликом 2 (рис. 2).

Результаты моделирования НДС материалов могут быть представлены как в виде минимаксных значений, так и в виде полного листинга значений напряжений и перемещений во всех узлах генерируемой сетки (в данном случае 15385 узлов).

Количество узлов определяется выбором размера конечного элемента. Полученные расчетные перемещения (деформации) являются одной из составляющих ча-

стных погрешностей измерения длины материала, что может быть учтено на стадии проектирования измерительного оборудования и оценки точности воспроизведения заданных функций.

В рассмотренном примере по результатам расчета МКЭ (только для рассматриваемой первой области деформаций) получено перемещение узлов конечных элементов объекта по оси X, равное 1,004 мм, что соответствует 0,2% вносимой погрешности при измерении длины материала.

ВЫВОДЫ

Предложена методика исследования напряженно-деформируемого состояния волокнистых материалов с использованием МКЭ, которая позволяет сократить процедуры поиска рациональных технологических и технических решений, обеспе-

чить требуемую точность воспроизведения заданных функций, прогнозировать режимы работы аппаратных средств и вносить необходимые коррективы в конструктивно-технологические параметры вновь создаваемого технологического оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Железняков А.С., Старкова Г.П., Веретено В.А. Процессы и технические средства подготовки материалов к раскрою в производстве одежды. – Новосибирск: Сибвузиздат, 2002.

2. Никитин А.А. и др. Исследование свойств пакетов обувных материалов при многоосном растяжении // Кожевенно-обувная промышленность. – 2003, №5. С. 38...40.

Рекомендована кафедрой сервиса и моды ВГУЭС. Поступила 01.04.08.
