

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СЖАТИИ

PLOTTING THE DIAGRAM OF FIBROUS MATERIALS DEFORMATION IN PRESSING

В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ, Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ, М.В. КИСЕЛЕВ, А.М. КИСЕЛЕВ
V.S. BELGORODSKY, G.I. CHISTOBORODOV, M.V. KISELEV, A.M. KISELEV

(Московский государственный университет дизайна и технологии,
Ивановская государственная текстильная академия,
Костромской государственный технологический университет)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin";
Ivanovo State Textile Academy;
Kostroma State Technological University)
E-mail: ttp@igta.ru

Предложена математическая модель, которая достаточно качественно описывает процесс сжатия волокон (в данном случае для льняного чесаного волокна) при удовлетворительных количественных характеристиках.

The mathematical model that qualitatively describes the process of fibers pressing (for a flax carding fiber in this case) with satisfactory quantitative characteristics has been offered.

Ключевые слова: деформирование волокнистых материалов, льняное чесаное волокно, сжатие, динамическая конечно-элементная модель.

Keywords: fibrous materials deformation, flax carding fiber, pressing, a dynamic finite-element model.

Деформационные свойства текстильных материалов характеризуются такими величинами, как: модуль упругости первого и второго рода, предельной величиной деформации при разрушении, значением предела прочности, при соответствующих видах нагружения, коэффициентом Пуассона и многими другими показателями. Однако диаграмма деформирования материала, при соответствующих видах нагружения, является его важнейшей характеристикой с точки зрения механического воздействия на него внешних сил, возникающих в процессе технологической обработки или в ходе эксплуатации. Знание диаграммы деформирования материала, вплоть до его разрушения, позволяет определить практически все отдельные механические характеристики материала. Для сплошных материалов задача построения диаграммы деформирования решается экспериментальными или известными тео-

ретическими методами механики сплошных сред. Для волокнистых текстильных материалов задача существенно усложняется вследствие вероятностного распределения одиночных волокон по объему материала и большого разброса физико-механических свойств [1].

В данной работе задача прогнозирования деформационных характеристик волокнистых материалов при сжатии решена для льняного чесаного волокна, поскольку теоретическая модель материала построена на уровне элементарного волокна. Для построения геометрической модели льняного чесаного волокна применялся метод конечных элементов в объемной постановке. При построении геометрической модели льняного чесаного волокна за одиночное волокно выбрано элементарное льняное волокно с формой поперечного сечения в виде пятигранника. Элементарные волокна объединялись в льняные комплек-

сы с вероятностными характеристиками элементарных волокон. Совокупность льняных комплексов образует структуру льняного волокна в массе. При построении геометрической модели льняного чесаного

волокна учитывался факт параллелизации элементарных волокон 90% и более. Один из вариантов геометрической вероятностной 3D модели льняного чесаного волокна приведен на рис.1.

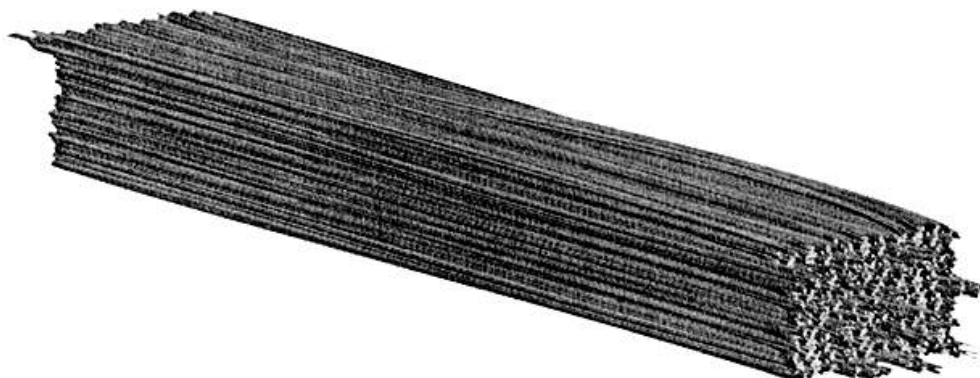


Рис. 1

Для упрощения решения задачи конечным пользователем была использована технология batch-файла. Для создания batch-файла с описанием задачи была разработана программа на языке VB.NET, в графическом интерфейсе которой пользователь задает исходные данные для решения задачи.

В качестве исходных данных выступали следующие параметры: длина элементарного волокна, его диаметр и физико-механические характеристики (модуль упругости, плотность и коэффициент Пуассона), размеры приспособления, в котором нагружается образец, и физико-механические свойства материала его стенок, плотность волокнистой массы по трем осям координат, коэффициент трения. Укрупненная блок-схема динамической конечно-элементной модели сжатия льняного чесаного волокна приведена на рис. 2.

В разработанной динамической конечно-элементной модели поведение материала при нагружении принято идеально упругим, так как реальные законы поведения элементарных волокон многих материалов при деформации сжатия на сегодняшний день неизвестны, однако присутствуют данные о величине модуля упругости. В принципе возможно задание любой нелинейной модели поведения материалов.

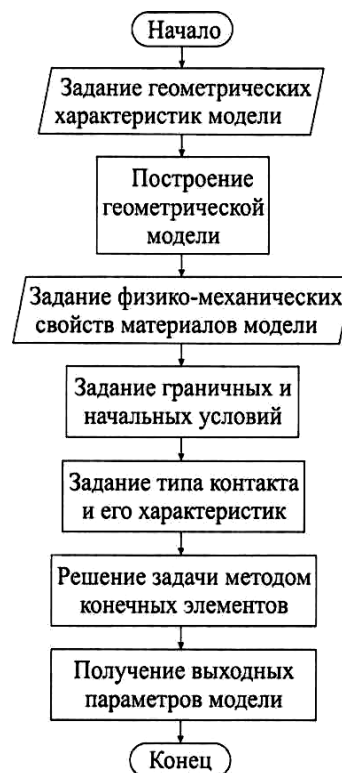


Рис. 2

Модель сжатия волокнистой массы построена на основе динамической модели деформированного твердого тела. При решении задачи учтены нелинейности, характерные для данной задачи – геометрическая нелинейность и контактное взаимодействие волокон друг с другом. В качестве граничных условий задавались интенсивность распределенной нагрузки сжатия волокнистой

массы q (рис. 3 – деформация волокнистой льняной массы при сжатии на одном из вариантов расчета) и скорость изменения данной силы, соответствующая скорости перемещения зажимов испытательной машины в натурном эксперименте.

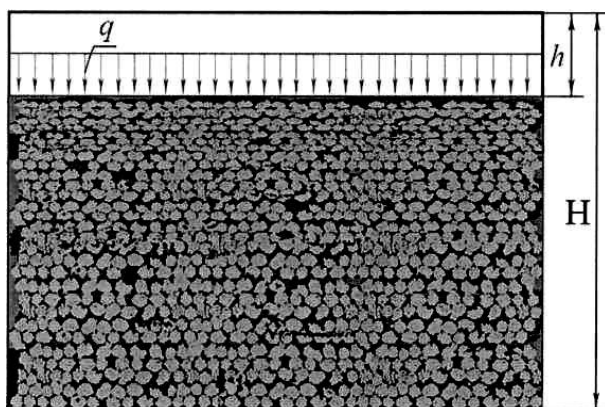
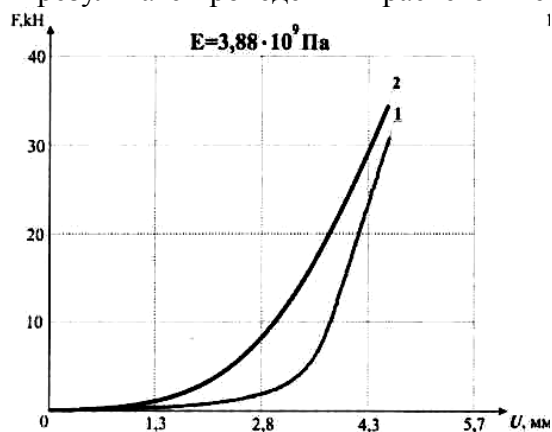


Рис. 3

Задание в качестве граничных условий скорости действия силы или ускорения позволяет учесть, при необходимости, влияние скорости деформации на напряженно-деформированное состояние волокнистой массы или релаксации материала после снятия нагрузки.

В процессе расчета при заданной фиксированной нагрузке определялась величина сжатия материала, характеризуемая величиной h .

В результате проведенных расчетов ме-



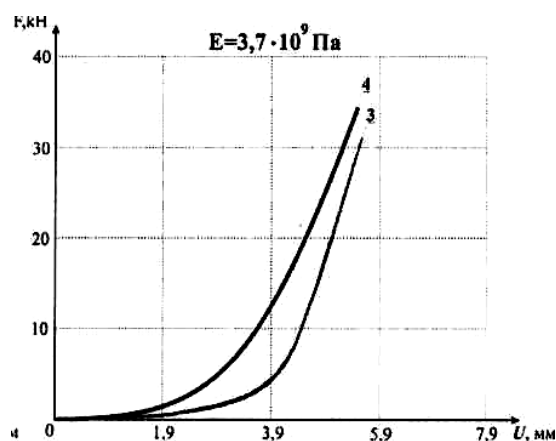
1
 Диаграммы сжатия трепаного льна (100 текс):
 1 - экспериментальная, 2 - теоретическая

тодом вычислительного эксперимента были построены диаграммы сжатия трепаного и чесаного льняного волокна, представленные на рис. 4, где показано сравнение экспериментальных и теоретических диаграмм сжатия.

Из характера диаграмм сжатия видно, что они носят существенно нелинейный характер. Очевидно, что это связано с малым сопротивлением процессу деформации на начальных этапах деформирования, когда идет уплотнение волокнистой массы за счет воздушных зазоров между волокнами.

При этом значение модуля упругости трепаного льна несколько выше, чем чесаного. Этот факт объясняется наличием большего количества сорных примесей, инкрустов и других клеящих веществ, находящихся в экспериментальном образце из трепаного льна, чем в чесаном льняном образце. Моделирование сорных примесей в льняном волокне в данном исследовании не выполнялось, поскольку данная задача представляет собой самостоятельную задачу научного исследования.

Оценка адекватности разработанной модели сжатия волокнистых материалов проводилась путем сравнения теоретических результатов расчетов с экспериментальными данными, выполненными самостоятельно. На рис. 4 приведено сравнение усредненных экспериментальных данных.



4
 Диаграммы сжатия чесаного льна (62,5 текс):
 3 - экспериментальная, 4 - теоретическая

Рис. 4

Анализ результатов, приведенных на

рис. 4, показывает, что предложенная ма-

тематическая модель достаточно качественно описывает процесс сжатия волокон при удовлетворительных количественных характеристиках. По мере возрастания деформации теоретическая и экспериментальная диаграммы имеют тенденцию к сближению. Данный факт легко объясняется тем, что образец льняных волокон при больших степенях деформации превращается в монолитный материал и описание его свойств существенно проще, чем структурно неоднородного материала. Учитывая разброс физико-механических свойств натуральных волокон, достигающих величины около 1 порядка и более [2], полученные результаты прогнозирования дефор-

мационных свойств волокнистых материалов можно признать удовлетворительными.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Киселев А.М.* Теоретическое и экспериментальное построение диаграмм деформирования при сжатии льняного волокна // Вестник КГТУ. – Кострома: КЕТУ, 2010, №1 (23). С. 50.
2. *Перепелкин К.Е.* Структура и свойства волокон. – М.: Химия, 1985.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных изделий ИГТА. Поступила 04.12.12.