

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНО-РАСКРОЙНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Шеромова И.А.

ФГБОУ ВПО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса Минобрнауки РФ», г. Владивосток, Россия (690014, г. Владивосток, ул. Гоголя, 41), e-mail: Irina.Sheromova@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы моделирования деформации материала при контакте с рабочими органами технологического оборудования, предназначенного для выполнения подготовительных операций швейного производства. Целью исследований является анализ возможностей использования метода конечных элементов для исследования вязко-упругих деформаций волокнистых систем. Объектом исследований являются легкодеформируемые текстильные материалы. При проведении исследований применялись методы компьютерного моделирования в сочетании с экспериментальными подходами. В работе выполнено компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния конкретного образца материала в области вязко-упругих деформаций с использованием метода конечных элементов. В качестве основного программного продукта выбран программный пакет SolidWorks. Полученные в работе результаты позволили сделать вывод о том, что моделирование деформационных процессов посредством программного продукта CosmosWorks, входящего в пакет программ SolidWorks, позволяет исследовать напряженно-деформированное состояние различных волокнистых материалов без проведения физического эксперимента. При этом степень соответствия результатов моделирования экспериментальным данным зависит от системы разбиения объекта на конечные элементы, точности оценки условного модуля упругости и плотности материала, а также степени владения программным продуктом.

Ключевые слова: волокнистые системы, легкодеформируемые текстильные материалы, вязко-упругие деформации, компьютерное моделирование, метод конечных элементов.

COMPUTER SIMULATION OF THE MATERIAL STRESS-STRAIN STATE WHEN THE SET-CUTTING OPERATIONS

Sheromova I.A.

Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, Russia (690014, Vladivostok, street Gogolya, 41), e-mail: Irina.Sheromova@mail.ru

The article deals with the modeling of the material deformation in contact with the working bodies of the process equipment to perform preparatory operations of clothing production. The purpose of research is to analyze the possibilities of using the finite element method for the study of fiber systems viscose-elastic deformation. The object of research are easily deformable textiles. Computer modeling techniques in conjunction with experimental-governmental approaches are used for the studies. This paper presents the finite element method computer simulation of the particular sample stress-strain state in a viscous-elastic deformations. Program CosmosWorks as the program package SolidWorks module is selected as the main software product. The results obtained led to the conclusion that program CosmosWorks Simulation allows you to explore the fibrous materials stress-strain state without physical experiments. The degree of simulation results matching to experimental data depends on the partitioning of an object into finite elements, the precision in estimating the apparent modulus of elasticity, the accuracy of determining the material density, degree of the software package knowledge.

Keywords: fiber systems, easily deformable textile materials, viscose-elastic deformation, computer simulation, finite element method.

При выполнении ряда подготовительных операций швейного производства технологически значимыми являются вопросы определения линейных параметров материалов с требуемой точностью. Известно [1, 3, 4, 6, 7], что легкодеформируемые текстильные материалы (ЛДТМ), поступающие на переработку, имеют свою

деформационную предысторию, которую нелегко определить и значение которой трудно переоценить. Причем величина деформаций, зафиксированных в материале, как правило, значительно превышает допустимую погрешность измерения длины [2]. Исходя из этого, можно сделать вывод, что даже самые высокоточные инструментальные методы измерения линейных перемещений, определяемых при транспортировании длинномерных полотен на технологическом тракте, не позволяют определить истинные значения линейных параметров, знание которых необходимо при организации и выполнении раскройных операций в производстве швейных изделий.

Таким образом, возникает потребность в разработке новых подходов к количественной оценке деформации, а также во внесении корректировок в результаты измерения линейных параметров материалов с учетом деформационной предыстории и величины деформации, возникающей вследствие силового взаимодействия материалов с рабочими органами технологического оборудования. Из выше изложенного следует, что если измерять усилия, которые испытывают материалы при взаимодействии с рабочими органами технических средств, то, моделируя их напряженно-деформированное состояние (НДС), представляется возможным решать посредством более простых в техническом отношении измерительных систем одну из ключевых задач подготовительного производства, суть которой сводится к прогнозированию и измерению линейных параметров длинномерных материалов с требуемой точностью.

Цель исследований

Целью исследований является анализ возможностей использования метода конечных элементов для исследования вязко-упругих деформаций волокнистых систем при их контакте с рабочими органами технологического оборудования.

Материал и методы исследований

Объектом исследований являются легкодеформируемые текстильные материалы, а их предметом – компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния ЛДТМ при их движении по технологическому тракту. При проведении исследований использовались методы компьютерного моделирования, базирующиеся на методе конечных элементов (МКЭ) в сочетании с экспериментальными подходами.

Результаты исследования

Возможность и целесообразность использования методов компьютерного моделирования для прогнозирования напряженно-деформированного состояния (НДС) материалов при контакте с рабочими органами технологического оборудования при выполнении подготовительных операций ранее установлена в работе [8]. Автором было выполнено моделирование НДС трикотажного полотна при взаимодействии с мерильным

роликом с использованием метода конечных элементов (МКЭ) в области упругих деформаций (область I, рис. 2). Однако область вязко-упругих деформаций (область II, рис. 2) в работе не рассматривалась, что и определило необходимость дополнительных исследований возможностей использования метода конечных элементов для изучения деформационных характеристик волокнистых систем в нелинейной области. В качестве программного продукта для решения поставленных задач выбран программный пакет SolidWorks.

В качестве объекта моделирования выбран трикотажное полотно, структурные характеристики которого приведены в таблице.

Исходные данные для моделирования и результаты эксперимента

Количество конечных элементов	Волокнистый состав: вискоза 95%, эластан-5%					
	Толщина образца, мм	Объёмная плотность кг/м ³	Коэффициент Пуассона μ	Нагрузка, Н	Результаты моделирования, мм	Результаты физического эксперимента, мм
3837	0.2	222	0.14	4	78	80

На первоначальном этапе для решения задач моделирования необходимо рассмотреть расчётную схему нагружения движущегося полотна по технологическому тракту (рис. 1)

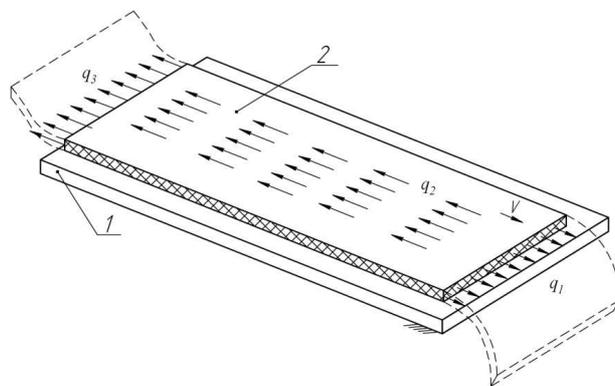


Рис.1. Расчетная схема нагружения полотна при движении по технологическому тракту

Кроме того, решение задач компьютерного моделирования предполагает необходимость экспериментального определения ряда деформационных характеристик рассматриваемого объекта (см. таблицу). Зависимость $\varepsilon = f(P)$, представленная на рисунке 2, построена на базе компьютерной технологии исследования НДС материалов [5]. На графике, отражающем данную зависимость, были выделены линейная и нелинейная области: область упругих деформаций (область I) и область вязко-упругих деформаций (область II). Рассматривая интегральную деформационную характеристику $\varepsilon = f(P)$, с

определённой степени коррекции для моделирования принято допущение, что график на рис. 2 в рассматриваемой области деформаций (область II) характеризуется нелинейной упругой деформацией. Такая постановка задачи и была принята для исследования деформационных характеристик текстильных материалов в ограниченной области нагружения. В другом варианте рассмотрения подпрограммы пакета SolidWorks для исследования вязко-упругих деформаций практически не представлялось возможным из отсутствия и невозможности получения требуемых исходных данных. Однако в первоначальной постановке задачи принятый подход позволяет с достаточной степенью точности отразить интегральную деформационную характеристику при исследовании ЛДТМ.

Кроме того, для моделирования НДС объекта в программном пакете SolidWorks необходимо знать результаты экспериментального определения диаграммы «напряжение-деформация», с помощью которых можно в полной мере отразить вязко-упругие свойства практически любого материала. С использованием вышеназванного технического устройства [5] построена зависимость $\varepsilon = f(\sigma)$ (рис. 3). При этом сделано допущение, что площадь поперечного сечения образца (F) при продольном нагружении не изменяется.

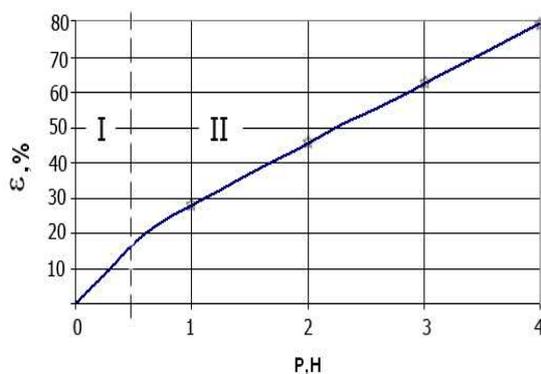


Рис. 2. Экспериментальная зависимость $\varepsilon = f(P)$

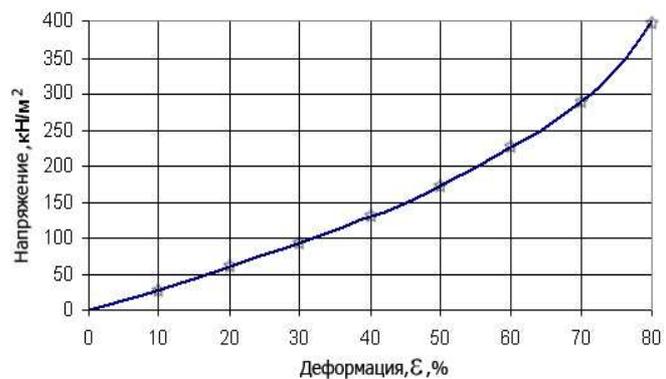


Рис.3. Диаграмма «напряжение-деформация» $\sigma = f(\varepsilon)$

Для компьютерного моделирования необходимо также знать геометрические размеры и объемную плотность ρ образца, величину нагружения и условный коэффициент Пуассона $\mu = \frac{\Delta H}{\Delta L} k$, где $k = \frac{L}{H}$ - коэффициент, который учитывает соотношение размеров исследуемого объекта. Все требуемые характеристики свойств рассматриваемого трикотажного полотна приведены в таблице.

Учитывая предшествующий опыт, для моделирования выбран метод конечных элементов (МКЭ), который успешно используется при решении задач механики

деформированного твёрдого тела и позволяет с высокой степенью достоверности вести исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) материала. Одним из факторов точности моделирования при этом является степень разбиения объекта на конечные элементы.

Схема образца трикотажного полотна с разбиением на конечные элементы представлена на рисунке 4.

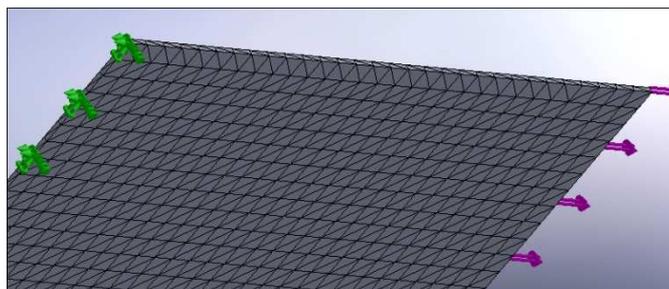


Рис. 4 . Схема разбиения объекта исследования на конечные элементы (количество конечных элементов 3837)

Рассмотрим результаты моделирования согласно расчетной схеме (см. рис. 1) и исходным параметрам. Исходные параметры: размер образца $100 \times 50 \times 1$ мм, условный коэффициент Пуассона принят равным $\mu = 0.49$, объёмная плотность $\rho = 144 \text{ кг/м}^3$ и равнодействующая распределенной нагрузки $q = 4\text{Н}$. Расчёт проводился в прилагаемом к среде САПР SolidWorks модуле CosmosWorks, имеющем возможность статического нелинейного анализа. При исследовании НДС выполнялось моделирование абсолютной и относительной деформации образца при нагружении согласно расчётной схеме (рис. 1). Результаты моделирования абсолютной деформации представлены на рисунке 5.

Анализируя результаты компьютерного моделирования НДС легкодеформируемых материалов и сопоставляя их с экспериментальными данными (см. таблицу), следует заметить их определённое несоответствие. Это можно объяснить тем, что при исследовании НДС легкодеформируемых текстильных материалов посредством программного продукта вводятся исходные данные, характерные для конкретного образца анизотропной структуры, а расчёт ведётся в программе, которая воспринимает исследуемый объект изотропным и сплошным, т.е. как «отдельную изотропную среду», и не учитывает структурные характеристики материала. В реальных условиях на начальном этапе наблюдается деформация макроструктуры (макроуровень) ЛДТМ, зависящей от структуры переплетения нитей, а далее деформация происходит на микроуровне, т. е происходит деформация непосредственно структуры нитей, что и соответствует результатам компьютерного

моделирования. Данное обстоятельство является особенностью использования рассматриваемого программного продукта.

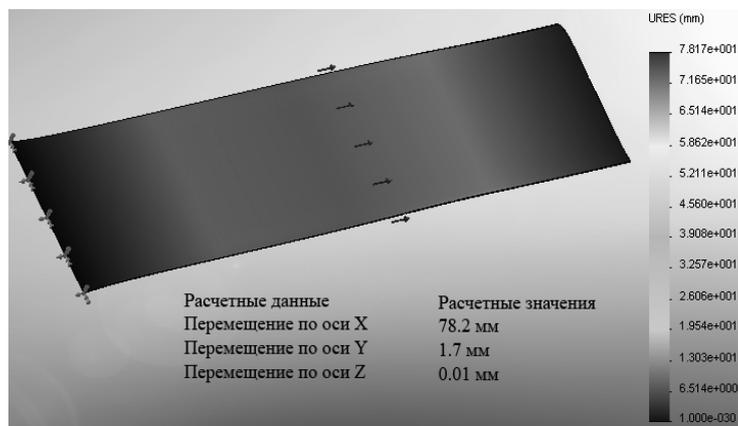


Рис. 5. Индикаторы результатов моделирования абсолютной деформации (перемещение нагруженной грани) образца в программном пакете SolidWorks

Таким образом, пользование предлагаемым современным программным продуктом возможно, но при этом необходимо учитывать, что реальные экспериментальные значения деформации не соответствуют расчётным показаниям и поэтому необходимо вносить в результаты моделирования коэффициент коррекции, т.е. необходимо, своего рода, выполнять тарирование результатов компьютерного моделирования по данным, полученным экспериментальным путём. Для определённой группы материалов при стабильном несоответствии экспериментальных значений и результатов моделирования может быть предложен коэффициент коррекции (K_d), определяемый как отношение экспериментальных значений (ΔL_e) к расчётным параметрам перемещения и деформации (ΔL_p), т.е.

$$K_d = \frac{\Delta L_e}{\Delta L_p}.$$

Заключение

Моделирование деформационных процессов посредством прилагаемого к среде САПР SolidWorks модуля CosmosWorks позволяет решать вопросы исследования НДС различных волокнистых материалов без проведения физического эксперимента. Однако необходимо учитывать, что результаты моделирования и степень соответствия экспериментальным данным зависят от системы разбиения на конечные элементы, точности оценки условного модуля упругости и плотности материала, а также степени владения программным продуктом. Учитывая нелинейность поведения текстильных материалов при нагружении их в области вязкопластической деформации, необходимо учитывать (моделировать) изменение модуля упругости.

Список литературы

1. Бондарев А. А. Разработка методов прогнозирования изменений размеров ткани при производстве одежды: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1987. – 22 с.
2. ГОСТ 3811-72. Ткани и штучные изделия текстильные. Методы определения размеров и массы. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 9 с.
3. Железняков А. С. Процессы и технические средства подготовки материалов к раскрою в производстве одежды/ А. С. Железняков, Г. П. Старкова, В. А. Веретено. – Новосибирск: Сибвузиздат, 2002. – 146 с.
4. Милашюс В. Исследование текстильных материалов при постоянной деформации // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 1974. – № 4. – С. 36-39.
5. Патент РФ № 2429448/28, 20.09.2011.
6. Петропавловский Д.Г. Релаксация деформации тканей при изготовлении и эксплуатации швейных изделий: дис. ... канд. техн. наук. – М., 1983. – 191 с.
7. Старкова Г. П. Методологические основы проектирования спортивной одежды из высокоэластичных материалов: дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2004. – 326 с.
8. Шеромова И.А. Методологические основы подготовки производства одежды из легкодеформируемых материалов: дис... д-ра техн. наук. – М., 2009. – 347 с.

Рецензенты:

Железняков А.С., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технологические машины и мехатронные системы» Новосибирского технологического института МГУДТ, г. Новосибирск;

Старкова Г.П., д.т.н. профессор, профессор кафедры сервисных технологий, начальник отдела организации научно-исследовательской работы, ФГБОУ ВПО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса» Минобрнауки РФ, г. Владивосток.