

УДК 667.01

**АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИИ МАТЕРИАЛОВ  
ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ СЖАТИИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ  
И ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ**

**ANALYSIS OF DEFORMATION MATERIALS  
UNDER CYCLIC COMPRESSION IN THE LAB  
AND OPERATION OF THE PRODUCT**

*Е.Ю. ВОЛКОВА, А.И. ДЕРЯБИНА, Л.Н. ЛИСИЕНКОВА, Ю.С. МЯЗИНА*  
*E.YU. VOLKOVA, A.I. DERYABINA, L.N. LISIENKOVA, YU.S. MYAZINA*

**(Филиал Южно-Уральского государственного университета  
(Национальный исследовательский университет), г. Златоуст)  
(South Ural State University (National Research University) the Branch in Zlatoust)**  
E-mail: ptis@zb-susu.ru

*В работе исследовано изменение деформации нетканых материалов при эксплуатации и в лабораторных условиях при циклическом сжатии материалов. Методом экстраполяции экспериментальных данных найдены функциональные зависимости, описывающие изменение деформации исследованных объектов в эксплуатационной носке и в лабораторных условиях при циклическом сжатии. Установлен коэффициент подобия между периодами носки изделий и циклами сжатия в лабораторных условиях, значение которого составляет 15.*

*We have investigated the change of nonwovens deformation during operation and in vitro during cyclic compression of materials. The method of extrapolation of experimental data found functional dependence describing the change in the strain studied objects in the operational wear and in the laboratory under cyclic compression. Established similarity coefficient between periods of wear products and compression cycles in the laboratory, the value of which is 15.*

**Ключевые слова:** циклическое сжатие, деформация, эксплуатация.

**Keywords:** cyclic compressive, deformation, operation.

Во время эксплуатации изделия подвергаются внешнему силовому давлению, приводящему к сжатию материалов. Применяющиеся в изделиях осеннего и зимнего ассортимента утепляющие нетканые материалы при действии силового давления изменяют толщину. Многократное сжатие материалов может сопровождаться накоплением в них остаточных деформаций. Наиболее интенсивное изменение первоначальной толщины материалов наблюдается в течение первых 50 дней эксплуатации изделия [1]. Для объективной оценки прогнозирования поведения объемных нетканых материалов в условиях производства и эксплуатации необходимы показатели, адекватно отражающие свойства материалов в условиях циклического сжатия.

Для оценки достоверности экспериментальных данных необходимо установить соответствие полученных значений деформации реальному поведению материалов после эксплуатации.

В процессе эксплуатации нетканые материалы подвергаются внешним механическим воздействиям, величина которых не превышает 10...20% от предельных.

Топография распределения нагрузок и деформаций в верхней одежде неравномерна. Во время эксплуатации данных изделий наибольшее изменение толщины при воздействии сжимающих усилий наблюдается в верхних частях спинки, деталей переда и на участках плотного прилегания изделия к фигуре человека [1]. Небольшие по величине (10...20% от предельных значений), но циклически повторяющиеся, внешние силовые воздействия могут приводить к возникновению остаточных деформаций на этих участках.

Для исследования поведения в эксплуатации утепляющих прокладочных материалов была изготовлена опытная партия женских утепляющих курток полуприлегающего силуэта 44 - 46 размера, включающая 8 изделий. Данный объем партии изделий обусловлен трудностями организации и высокой стоимостью изготовления изделий. Эксплуатация изделий проводилась в течение 8 месяцев, что составляет 2 осенне-весенних сезона в Уральском федеральном округе, группой студентов кафедры "Проектирование и технология изделий сервиса" филиала ЮУрГУ (НИУ) в г. Златоусте в соответствии с методикой [2]. Студентам были выданы куртки, изготовленные с применением объемного нетканого материала. Периодически у студентов изымали по два изделия, производили осмотр и измерение толщины. Опытная партия подвергалась регулярному осмотру и уходу в соответствии с инструкцией по эксплуатации изделий из применяемых материалов: основной – ткань плащевая саржа гладкокрашенная с гидрофобной пропиткой (артикул 3179), утепляющий – объемный утеплитель (синтепон) (артикул СК 150/300), подкладка – ткань шелковая, артикул 32014. Характеристика материалов, составляющих пакет изделия при эксплуатации, представлена в табл. 1. Для измерения толщины материала из партии изделий изымали по два изделия через каждые 2, 4, 6, 8 месяцев носки. Далее готовили пробы материала для испытания, полученные на различных топографических участках изделия (локоть, плечо, верхняя часть спинки и полочки). За окончательный результат измерения толщины материала после эксплуатации принимали

среднее значение данного показателя по всем топографическим участкам.

Изменение толщины фиксировали в специальных картах наблюдений. Критерием прогнозирования показателей качества при эксплуатации выбрана остаточная

деформация материалов после носки изделий. Для измерения остаточной деформации изделия выбран верхний участок деталей переда и спинки, которые в носке подвергаются наибольшей деформации.

Т а б л и ц а 1

Название материала	Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Толщина, мм	Условное обозначение
Синтепон арт. СК150/300	ВПЭф-100	140,0	7,8	С1
Ткань плащевая	Вхл-40 ВПЭф-60	104	0,45	Т1
Ткань подкладочная	НВис-100	75	0,10	Т2
Пакет	ВПЭф НВис Вхл	320	8,4	Т1С1Т2

Остаточную деформацию  $\epsilon_{\text{ост}}$  пакета материалов после эксплуатации определяли путем линейного измерения как разность между толщиной до носки  $h_0$  и толщиной того же участка после носки  $h_1$ . Остаточную деформацию определяли как среднюю по измерениям 5 участков (табл. 2 – деформация пакета материалов после эксплуатации изделий) по формуле:

$$\epsilon_{\text{ост}} = (h_0 - h_1) / h_0, \quad (1)$$

где  $h_0, h_1$  – толщина пакета до эксплуатации и после эксплуатации соответственно, мм.

Остаточную деформацию  $\Delta h_{\text{ост}}$  пакета материалов после многоциклового сжатия на разработанном устройстве определяли по формуле:

$$\Delta h_{\text{ост}} = (\delta_0 - \delta_{\text{ц}}) / \delta_0, \quad (2)$$

где  $\delta_0, \delta_{\text{ц}}$  – толщина пробы до циклов сжатия, после циклического сжатия и отдыха соответственно, мм.

Т а б л и ц а 2

Материал	Остаточная деформация $\epsilon_{\text{ост}}$ , %			
	период, месяцы			
	2	4	6	8
Пакет № 1	13,74	19,51	25,35	28,64

Анализ результатов показал, что наибольшее увеличение остаточной деформации материалов пакета изделия происходит в первые 50...60 дней носки, затем процесс накопления остаточной деформации замедляется. Установлено, что остаточная деформация накапливается в материалах пакета в первые 1,5...2 месяца носки изделий. Изменение остаточной деформации материалов при циклическом сжатии (а) и при эксплуатации (б) изделий наглядно показано на рис. 1.

Далее исследовали пакет материалов (табл. 1) в лабораторных условиях. Подготовка и испытание образцов соответство-

вали ГОСТ 13587–77 [3]. Относительная ошибка опытов составила 8...12 %, коэффициент корреляции составил 0,72... 0,84. Параметры и условия сжатия: рабочие размеры индентора  $D = 30$  мм, пробы  $d = 25$  мм; время нагружения и отдыха в цикле сжатия соответственно 5 с; усилие сжатия пробы 15 даН, циклическое давление на пробу 0,30 кПа, период нагружения 100...400 циклов [4].

Результаты оценки деформации материалов в условиях циклического сжатия представлены в табл. 3 (деформация пакета материалов после циклического сжатия).

Таблица 3

Материал	Остаточная деформация $\epsilon_{ост}$ , %			
	количество циклов сжатия, n			
Пакет №1	100	200	300	400
	10,12	14,41	18,19	22,22

Методом экстраполяции эмпирических данных получены уравнения изменения величины остаточной деформации при лабораторных испытаниях и эксплуатации

(табл. 4 (аналитические уравнения изменения остаточной деформации в эксплуатации и в лабораторных условиях) и рис. 1).

Таблица 4

Материал	Эксплуатационная носка	$R^2$	Лабораторные испытания	$R^2$
Пакет №1	$y_1 = 11,54e^{0,117x}$	0,958	$y_2 = 10,73e^{0,441x}$	0,981

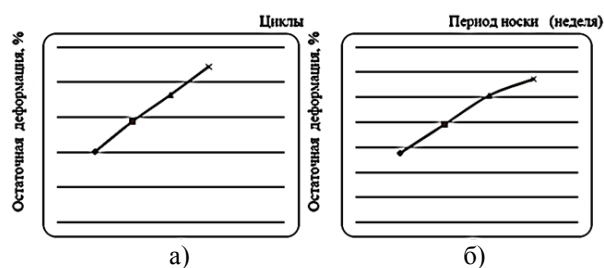


Рис. 1

Приравнявая уравнения  $y_1$  и  $y_2$  (табл. 4), логарифмируя их, выразили связь между днями носки и циклами испытания образцов на приборе:

$$11,54 e^{0,117x_{дни}} = 10,73 e^{0,441x_{циклы}},$$

$$\ln(e^{0,117x_{дни}}) = \ln 0,93 + \ln(e^{0,441x_{циклы}}),$$

$$x_{дни} = 14,3 + 0,002 x_{циклы}.$$

Для прогнозирования деформации при эксплуатации можно принять величину коэффициента подобия, равную 15. С целью определения остаточной деформации в эксплуатации циклы испытания на приборе нужно умножить на 4. Таким образом, методика оценки деформации в условиях циклического сжатия позволяет прогнозировать изменение деформации изделий в период эксплуатации.

## ВЫВОДЫ

1. Экспериментально-аналитически установлена достаточно тесная связь характера (кинетики) изменения деформации исследованных объектов при эксплуатации изде-

лий и в лабораторных условиях при циклическом сжатии материалов, коэффициент корреляции составил 0,72...0,84.

2. Методом экстраполяции экспериментальных данных найдены функциональные зависимости, описывающие изменение деформации исследованных объектов в эксплуатационной носке и в лабораторных условиях при циклическом сжатии. Установлен коэффициент подобия между периодами носки изделий и циклами сжатия в лабораторных условиях, значение которого составляет 15.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гуцина К.Г., Беляева С.А., Командрикова Е.Я. Эксплуатационные свойства материалов для одежды и методы оценки их качества. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
2. Методические указания по совершенствованию организации и проведение опытной носки швейных изделий. – М.: Изд-во ЦНИИТЭИЛегпром, 1986.
3. ГОСТ 20489–75. Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления. – М.: Издательство стандартов, 1986.
4. Дерябина А.И., Лисиенкова Л.Н., Тарасова О.Ю. Моделирование деформации волокнисто-сетчатых материалов при циклическом сжатии // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 3. С. 29...34.

## REFERENCES

1. Gushina K.G., Belyaeva S.A., Komandrikova E.Ya. Ekspluatacionnye svojstva materialov dlya odezhdy i metody ocenki ih kachestva. – M.: Legkaya i pishhevaya promyshlennost, 1984.

2. Metodicheskie ukazaniya po sovershenstvovaniyu organizatsii i provedenie opytnej noski shvejnyh izdelij. – M.: Izd-vo CNIITEILegprom, 1986.

3. GOST 20489–75. Materialy dlya odezhdy. Metod opredeleniya summarnogo teplovogo soprotivleniya. – M.: Izdatelstvo standartov, 1986.

4. Deryabina A.I., Lisienkova L.N., Tarasova O.Yu. Modelirovanie deformatsii voloknisto-setchatyh mate-

rialov pri ciklicheskom szhatii // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti. – 2015, № 3. S.29...34.

Рекомендована кафедрой проектирования и технологии изделий сервиса. Поступила 14.02.18.

---