

УДК 677.075:53.092-0.21.87

**К ВОПРОСУ УЧЕТА СТАБИЛЬНОСТИ НАГРУЗКИ,
ОКАЗЫВАЕМОЙ КОМПРЕССИОННЫМИ ИЗДЕЛИЯМИ
В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**TO THE QUESTION OF ACCOUNTING FOR THE STABILITY OF THE LOAD
WHICH IS PROVIDED BY COMRESSIVE CLOTHES
DURING EXPLOITATION**

М.А. МАРИНКИНА, Л.Л. ЧАГИНА, С. Е. ПРОТАЛИНСКИЙ, М.С. БОГАТЫРЕВА
M.A. MARINKINA, L.L. CHAGINA, S.E. PROTALINSKY, M.S. BOGATYRYOVA

(Костромской государственный технологический университет)
(Kostroma State University of Technology)
E-mail: lyu-chagina@yandex.ru

В статье предложена методика и представлены результаты исследования стабильности нагрузки, оказываемой льняными компрессионными изделиями на тело человека. Представлен анализ интенсивности изменения нагрузки в процессе эксплуатации.

The article offers the methods and presents results of studies of the load stability which is provided by linen compressive clothes on the human body. The analysis of the intensity of load changes during exploitation is presented.

Ключевые слова: льняные компрессионные изделия, эксплуатационный процесс, методика, интенсивность изменения нагрузки.

Keywords: load of clothes on the human body, compressive clothes, linen knitwear, the intensity of the load change.

Трикотажные изделия в процессе их производства и эксплуатации подвергаются воздействию различных усилий и деформаций. Это оказывает значительное влияние на геометрические характеристики и физико-механические свойства изделий и трикотажных полотен, используемых для их изготовления. В частности, трикотажные изделия подвергаются растя-

гивающим нагрузкам, величина которых меньше значений разрывных нагрузок. Данные воздействия вызывают возникновение релаксационных процессов, приводящих к снижению физико-механических свойств изделий.

Проектирование трикотажных изделий компрессионного назначения подразумевает выполнение ряда требований:

- сохранение первоначального состояния изделий и обеспечение заданного уровня компрессии при их эксплуатации;
- гарантия комфортности изделий для потребителей в течение всего периода носки;
- сопротивление напряжениям, оказываемым на трикотажные изделия при их активном использовании.

Высококачественное компрессионное изделие характеризуется способностью сохранять заданный уровень компрессии в течение всего регламентированного периода эксплуатации. Необходимое давление на тело человека обеспечивается свойствами полотна и размерами изделия. Высокая остаточная деформация, значительное изменение линейных размеров после стирки изменяют первоначальные размеры изделия и структуру трикотажного полотна, что негативно сказывается на компрессионных свойствах изделий в процессе их эксплуатации [2]. Особое внимание необходимо уделять анализу поведения материалов, имеющих высокие значения вышеперечисленных показателей.

Перспективность создания новых видов отечественных лечебно-профилактических изделий на основе использования отечественного сырья обусловило выбор в качестве объекта исследования льняных изделий компрессионного назначения [3...5]. Традиционно льняные полотна имеют высокие гигиенические и медикаментозные свойства. Это важно при изготовлении компрессионных изделий, особенно спортивных и медицинских. Однако низкие показатели растяжимости, высокая остаточная деформация, значительное изменение линейных размеров льняного трикотажа [6], [7] требуют тщательного исследования компрессионных свойств изделий в процессе их эксплуатации.

В ряде исследований представлена необходимость учета релаксационных характеристик полотен при оценке качества компрессионных изделий [8], [9]. Однако в данных работах либо не учитывается связь нагрузки, оказываемой на трикотажное изделие, с давлением на тело человека, либо не принимается во внимание форма

части тела, на которую оказывается компрессионное воздействие. Кроме того, измерения проводятся непосредственно на человеке в индивидуальном порядке, что затрудняет прогнозирование поведения изделий в зависимости от их конструктивного решения и вида применяемых трикотажных полотен.

Для исследования поведения компрессионных изделий в процессе их эксплуатации предлагается использование пространственного растяжения цилиндрических проб при нагрузке, имитирующей эксплуатационную. Для этого проба одевается на устройство, по форме повторяющее часть тела человека, снабженное пружинными элементами. Пружинные элементы оказывают постоянную растягивающую нагрузку на пробу, моделируя мышечные сокращения и движения тела. В течение заданного промежутка времени усилие, с которым изделие давит на рабочую поверхность устройства, изменяется за счет противоположно направленного воздействия упругих пружинных элементов. Величина нагрузки, оказываемой изделием на прибор, фиксируется с помощью датчика, зависимость этой нагрузки от времени нагружения отображается в виде графика.

Для оценки способности льняных изделий компрессионного назначения сохранять первоначальную нагрузку на тело человека рассмотрены чистольняные трикотажные полотна и льняные трикотажные полотна с вложением полиуретановых нитей (табл. 1).

Ширина проб фиксированная – 100 мм. Данная величина выбрана для удобства расчета относительных деформаций при дальнейшем расчете давления на поверхность объекта. Значение длины окружности варьируется в зависимости от необходимого уровня давления.

Исследование проводится в следующей последовательности. Проба в форме цилиндра надевается на рабочую поверхность прибора. Датчиком фиксируется начальная величина нагрузки, оказываемой образцом на прибор (в дальнейшем просто "нагрузки"), измеряется ширина образца.

Таблица 1

Номер образца	Волокнистый состав	Линейная плотность пряжи	Переплетение	Ширина, мм	Длина по окружности, мм
1	Лен	Пряжа льняная 38 текс	Ластик 2+2	100	140
2	Лен	Пряжа льняная 38 текс	Ластик 2+2	100	100
3	Лен с эластаном	Пряжа льняная 38 текс; лайкра 4,4 текс	Ластик 2+2	100	100
4	Лен с эластаном	Пряжа льняная 38 текс; лайкра 4,4 текс	Ластик 2+2	100	110
5	Лен с эластаном	Пряжа льняная 38 текс; лайкра 4,4 текс	Ластик 2+2	100	120

Изменения нагрузки фиксируются и отображаются в виде графика зависимости нагрузки от времени испытания. После снятия с рабочей поверхности прибора проба в течение 30 минут выдерживается в

нормальных условиях. Следующим этапом является стирка образца по ГОСТу [10]. После стирки испытания проводятся в той же последовательности.

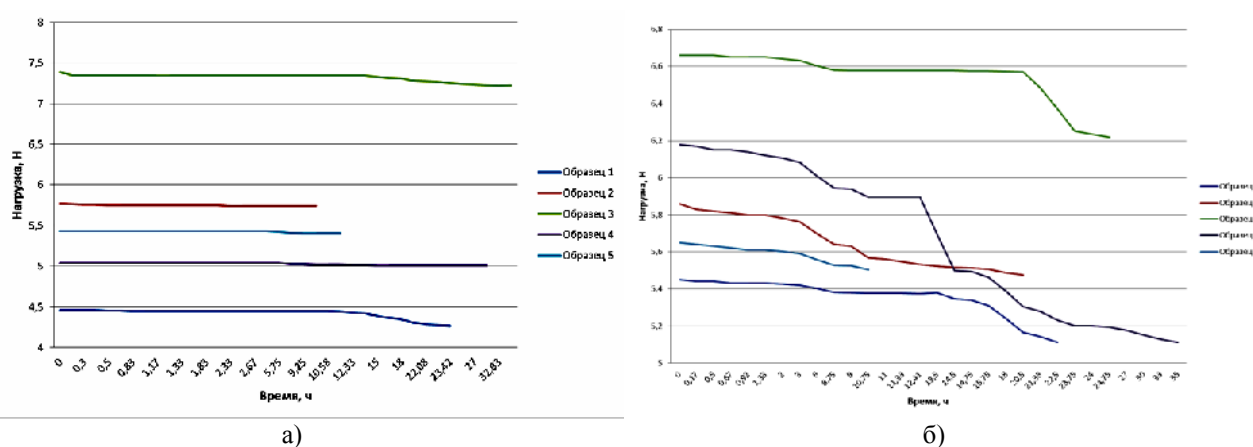


Рис. 1

На рис. 1 представлены графики исследования образцов до (а) и после (б) стирки. Для оценки характера кривых рассчитывается скорость изменения нагрузки через определенные интервалы времени испытания по формуле:

$$\Delta = \frac{\sigma_{n+1} - \sigma_n}{\tau}, \quad (1)$$

где Δ – скорость изменения нагрузки, Н/ч; σ_n – нагрузка в момент времени n , Н; σ_{n+1} – нагрузка через определенный интервал времени, Н; τ – момент времени, в который проводится измерение нагрузки, ч.

Под нагрузкой понимается сила, возникающая в образце при заданной деформации.

Скорость изменения нагрузки (в дальнейшем просто "скорость") для исследуе-

мых образцов определяется через каждые 3 часа (табл. 2). Данная частота измерений определена из предварительных экспериментов. Она не требует громоздких расчетов и дает достаточно объективную оценку.

Время релаксации проб колеблется в широких пределах: от 9 до 33 часов. Быстрее всего релаксируют пробы с наибольшими первоначальными длинами окружностей, медленнее – с наименьшими. Релаксация трикотажных полотен с вложением полиуретановых нитей превышает по времени релаксацию чистольняных проб.

В первоначальный период времени образцы релаксируют с высокой скоростью. Затем скорость снижается, для некоторых образцов принимая нулевое значение.

Номер образца	Период испытания	Момент времени испытания, ч										
		3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33
		Скорость изменения нагрузки, Н/ч										
1	До стирки	0,005	0	0	0,008	0,012	0,014	0,014	0,012	-	-	-
	После стирки	0,01	0,006	0,008	0,001	0,012	0,032	0,033	-	-	-	-
2	До стирки	0,009	0	0,006	-	-	-	-	-	-	-	-
	После стирки	0,033	0,021	0,022	0,033	0,006	0,009	-	-	-	-	-
3	До стирки	0,015	0	0,008	0	0,004	0,008	0,008	0,01	0,006	0,003	0,002
	После стирки	0,01	0,009	0,009	0	0	0,002	0,03	0,083	-	-	-
4	До стирки	0	0	0,001	0,003	0,003	0	0	0	0	0	-
	После стирки	0,032	0,024	0,024	0,015	0,133	0,036	0,037	0,026	0,008	0,008	0,008
5	До стирки	0,01	0,002	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-
	После стирки	0,02	0,011	0,011	-	-	-	-	-	-	-	-

К концу испытания происходит значительное увеличение скорости (до 0,083 Н/ч у образцов без эластана). Такое поведение трикотажного полотна отличается от релаксации нитей и пряжи, для которых характерна максимальная скорость в начале процесса, постепенно уменьшающаяся со временем [11]. Релаксация полотна, в отличие от пряжи, происходит в основном за счет изменения структуры полотна, степень этих изменений определяется характеристиками строения (видом и толщиной нитей, плотностью вязания, формой и размерами петли, характеристиками заполнения, переплетением). Первоначальное изменение размеров образца происходит за счет сокращения пустот между волокнами полотна, что не связано с внешними усилиями пружинных элементов прибора.

После стирки скорость релаксации всех проб возрастает, величина изменения нагрузки в конечный момент времени после стирки больше, чем до стирки. Этот результат объясняется тем, что после первого испытания в структуре полотна произошли необратимые изменения, связанные с длительностью действия нагрузки. После стирки образцы восстановили способность оказывать заданное в соответствии со своим назначением усилие на прибор только в течение первых 3...9 часов. Следовательно, стирка не позволяет вернуть полотнам первоначальные свойства после длительной релаксации. Из графиков видно, что образцы 3 и 4 после стирки имеют резкие скачки уровня нагрузки за короткий промежуток време-

ни. Данный эффект требует дополнительных исследований образцов с соответствующими параметрами.

Дольше всего сохраняют необходимую нагрузку (скорость изменения нагрузки близка к нулевому значению или равна данной величине) образцы 2, 4, 5 до стирки. Образец 4 является самым стабильным, так как нагрузка, оказываемая им на прибор, практически не изменяется с течением всего времени испытания. Первоначальное значение нагрузки, оказываемой образцом 2 на прибор (5,77 Н), значительно ниже, чем у образца 3 (7,38 Н), с таким же размером окружности, но с вложением полиуретановых нитей. Для достижения значения нагрузки 7,38 Н необходимо уменьшать длину окружности образца, что может привести к дискомфорту при носке изделия.

Так как нагрузка, оказываемая на изделие, напрямую связана с давлением на тело человека [12], можно говорить о способности образцов 4 и 5 сохранять необходимый уровень давления на тело человека с течением длительного периода времени. Трикотажные полотна без эластана не подходят для изготовления компрессионных изделий, так как не могут одновременно оказывать высокий уровень давления на тело человека и быть комфортными для потребителя при их эксплуатации. По данным исследования для увеличения срока службы компрессионных изделий из льняных трикотажных полотен рекомендуется сочетать непродолжительные периоды носки изделия со стирками. Это поз-

волит трикотажному полотну работать в области упругой деформации, снизить остаточную деформацию и быстрее восстановить первоначальные свойства полотна.

ВЫВОДЫ

1. Предложена методика определения изменения нагрузки компрессионных изделий на тело человека с учетом релаксационных свойств трикотажных полотен в процессе эксплуатации. Данная методика отличается от существующих возможностью исследования компрессионных изделий, имеющих различные геометрические и физико-механические свойства, прогнозированием поведения изделий в течение определенного периода времени, учетом формы части тела человека, на которую оказывается компрессионное воздействие.

2. Исследовано изменение компрессионных свойств льняных образцов и проведен анализ полученных данных, в результате чего установлено, что трикотажные изделия с вложением эластичных нитей дольше сохраняют первоначальную нагрузку на тело человека.

3. Выявлен характер влияния эксплуатационных воздействий (стирок) на скорость изменения нагрузки, оказываемой льняными компрессионными изделиями на тело человека, а именно: после стирки релаксация трикотажных полотен происходит с более высокой скоростью, чем до стирки. Для сохранения первоначального давления изделий на тело человека необходимо проводить стирку после непродолжительного периода носки изделия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Соболева М.А., Чагина Л.Л.* Анализ методов для определения давления одежды на тело человека // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 3. С. 13...17.

2. *Маринкина М.А.* Выбор наиболее значимых свойств льняных трикотажных полотен, определяющих качество изделий компрессионного назначения // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – Кострома: КГТУ, 2014, №2(33). С. 47...51.

3. *Соболева М.А., Чагина Л.Л.* Особенности внедрения научно-практической разработки в производство на примере компрессионных изделий из льняных высокоэластичных трикотажных полотен // Мат. Междунар. научн.-практ. конф.: Взаимодействие высшей школы с предприятиями легкой промышленности: наука и практика. – Кострома: КГТУ, 2013. С.177...180.

4. *Чагина Л.Л., Маринкина М.А., Копарева Е.М.* Аналитический обзор современного состояния и перспектив развития рынка льняных трикотажных изделий // Концепт. – 2014. – Спецвыпуск № 33. – ART 14894. – 0,6 п. л. – URL: <http://e-koncept.ru/2014/14894.htm>. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

5. *Чагина Л.Л., Смирнова Н.А.* Направления повышения конкурентоспособности льняных трикотажных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 6. С. 90...92.

6. *Чагина Л.Л., Смирнова Н.А., Вершинина А.В.* Исследование и учет деформационных свойств при проектировании одежды из льняных трикотажных полотен // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 5. С.10...14.

7. *Чагина Л.Л.* Влияние свойств трикотажного полотна на конструктивные характеристики изделия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, № 2. С. 91...95.

8. *Дроботун Н.В.* Разработка методов оценки упруго-релаксационных свойств высокорастяжимого трикотажа и проектирования медицинских изделий компрессионного назначения: Дис...канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2009.

9. Интернет-сайт: <http://www.phleboscience.ru>4в.

10. ГОСТ Р 51219–98. Изделия медицинские эластичные фиксирующие и компрессионные. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 1998.-11.-26. – М.: ИПК Изд-во стандартов.

11. *Богатырева М.С., Ерохова М.Н.* Механика текстильных материалов // Сб. лабораторных работ / 1-е изд. – Кострома: Изд-во Костромского гос. технолог. ун-та, 2006.

12. *Филатов В.Н.* Упругие текстильные оболочки. – М.: Легпромбытиздат, 1987.

REFERENCES

1. *Soboleva M.A., Chagina L.L.* Analiz metodov dlja opredelenija davlenija odezhdy na telo cheloveka // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 3. S. 13...17.

2. *Marinkina M.A.* Vybora naibolee znachimyh svoystv l'njanyh trikotazhnyh poloten, opredelajushchih kachestvo izdelij kompressionnogo naznachenija // Vestnik Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta. – Kostroma: KGTU, 2014, №2(33). S. 47...51.

3. *Soboleva M.A., Chagina L.L.* Osobennosti vnedrenija nauchno-prakticheskoy razrabotki v proizvodstvo na primere kompressionnyh izdelij iz l'njanyh vysokojelastichnyh trikotazhnyh poloten // Mат. Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf.: Vzaimodejstvie

vysshej shkoly s predpriyatijami legkoj promyshlennosti: nauka i praktika. – Kostroma: KGTU, 2013. S.177...180.

4. Chagina L.L., Marinkina M.A., Kopareva E.M. Analiticheskij obzor sovremennogo sostojanija i perspektiv razvitija rynka l'njanyh trikotazhnyh izdelij // *Koncept*. – 2014. – Specvypusk № 33. – ART 14894. – 0,6 p. 1. – URL: <http://e-koncept.ru/2014/14894.htm>. – Gos. reg. Jel № FS 77-49965. – ISSN 2304-120X.

5. Chagina L.L., Smirnova N.A. Napravlenija povyshenija konkurentosposobnosti l'njanyh trikotazhnyh izdelij // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti*. – 2010, № 6. S. 90...92.

6. Chagina L.L., Smirnova N.A., Vershinina A.V. Issledovanie i uchet deformatsionnyh svojstv pri proektirovanii odezhdy iz l'njanyh trikotazhnyh poloten // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti*. – 2010, № 5. S.10...14.

7. Chagina L.L. Vlijanie svojstv trikotazhnogo polotna na konstruktivnye harakteristiki izdelija // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti*. – 2014, № 2. S. 91...95.

8. Drobotun N.V. Razrabotka metodov ocenki uprugo-relaksacionnyh svojstv vysokorastjazhimogo trikotazha i proektirovanija medicinskih izdelij kompressionnogo naznachenija: Dis...kand. tehn. nauk. – Sankt-Peterburg, 2009.

9. Internet-sajt: <http://www.phleboscience.ru4v>.

10. GOST R 51219–98. Izdelija medicinskie jelastichtichnye fiksirujushhie i kompressionnye. Obshhie tehicheskie trebovanija. Metody ispytanij. – Vved. 1998.-11.-26. – M.: IPK Izd-vo standartov.

11. Bogatyreva M.S., Erohova M.N. Mehanika tekstil'nyh materialov // *Sb. laboratornyh rabot / 1-e izd.* – Kostroma: Izd-vo Kostromskogo gos. tehnolog. un-ta, 2006.

12. Filatov V.N. Uprugie tekstil'nye obolochki. – M.: Legprombytizdat, 1987.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров. Поступила 30.09.15.