

**ВЛИЯНИЕ ЗАДАННЫХ НАГРУЗОК  
НА КОМПОНЕНТЫ ПОЛНОЙ ДЕФОРМАЦИИ РАСТЯЖЕНИЯ  
ТЕКСТУРИРОВАННОЙ НИТИ ТИПА ЭЛАСТИК**

**THE INFLUENCE OF GIVEN LOADS  
ON THE COMPONENTS OF TOTAL TENSION DEFORMATION  
OF ELASTIC TYPE TEXTURED THREADS**

*З.Х. АЛИЕВА, Г.З. ДЖАББАРОВА, И.Ф. АЛЛАХВЕРДИЕВА*

*Z.KH. ALIEVA, G.Z. JABBAROVA, I.F. ALLAKHVERDIEVA*

(Азербайджанский государственный экономический университет, Республика Азербайджан)

(Azerbaijan State University of Economics, Republic of Azerbaijan)

E-mail: zenurealiyeva@yahoo.com; allahverdiyeva.ilhame@inbox.ru; qenire.cabbarova@mail.ru

*В статье приведены экспериментальные результаты исследования компонентов деформации растяжения текстурированных нитей типа эластичного. Величина восстановления длины нити зависит от приложенных сил или от деформации. Поэтому было исследовано влияние величины нагрузки на составные части общей деформации. Исследование зависимостей полной деформации и ее составных частей показало, что полная деформация при увеличении нагрузки до 0,01 н/текс существенно увеличивается. Дальнейшее увеличение нагрузки существенного влияния на полную деформацию не оказывает. Увеличение нагрузки приводит к ускорению процесса релаксации. Результаты исследования могут быть использованы для прогнозирования основных свойств трикотажных изделий на основе текстурированной нити типа эластик.*

*The article presents the experimental results of the study of the tensile deformation components of elastic type textured threads. The amount of thread length recovery depends on the applied forces or on the deformation. Therefore, the influence of the magnitude of the load on the components of the total deformation was investigated. The study of the dependences of the total deformation and its components showed that the total deformation significantly increases with an increase in the load to 0.01 n/tex. A further increase in the load does not have a significant effect on the total deformation. An increase in load leads to an acceleration of the relaxation process. The results of the study can be used to predict the basic properties of knitted products based on elastic type textured yarns.*

**Ключевые слова:** текстурированные нити, эластик, деформации растяжения, нагрузка.

**Keywords:** textured threads, elastique, tensile deformations, load.

Одноцикловые испытания, позволяющие определять состояние части полной деформации при растяжении нагрузками, меньшими разрывных, получили большое

распространение в практике испытаний текстильных материалов. Так как эти испытания позволяют изучить особенности поведения текстильных материалов в усло-

виях, близких к тем, в которых они находятся при переработке в текстильные изделия и в эксплуатации. Известно, что нити при переработке в текстильные изделия и эксплуатации последних испытывают нагрузки, не превышающие 40...45% от разрывных, а в трикотаже из текстурированных нитей еще меньше. Условия характеризуются также воздействием на материал циклов "нагрузка-отдых" с разной длительностью нагружения и отдыха.

По компонентам деформации растяжения текстильных материалов можно судить о свойствах изделий, а именно: об их формоустойчивости, несминаемости, драпируемости, усадке и др. Поэтому исследованию составных частей деформации текстильных материалов было посвящено много работ [1...4].

Как известно, при текстурировании с целью получения нити эластик комплексная капроновая нить подвергается ряду механических и тепловых воздействий, в результате чего получается нить с достаточно хорошо зафиксированной извитостью, очень быстро и полно восстанавливающая извитость после растяжения и снятия растягивающей нагрузки.

Формоустойчивость изделий, полученных из эластика, зависит от упругоэластичных свойств самого эластика. Поэтому исследования особенностей поведения таких извитых нитей представляют большой интерес.

Ряд ученых проводили исследования изменения деформации волокон, нитей и ткани в цикле "нагрузка-разгрузка-отдых" и подтвердили, что полная деформация текстильных материалов складывается из следующих видов деформации: 1) упругой; 2) эластической; 3) пластической [5], [6]

Упругая деформация возникает под действием внешней силы. Она исчезает с такой же большой скоростью, как и распространяется, а именно: со скоростью звука в данном материале, т.е. для коротких отрезков нитей в длительности доли секунды на простых механических приборах, практически ее измерить очень трудно.

Определяют ее после снятия нагрузки по возможности быстрее, обычно через 2...3 с,

за это время исчезает также часть эластической деформации с малыми периодами релаксации, и полученные практически данные являются условными значениями, обусловленными временем измерения.

В данной работе мы измеряли условные значения упругой деформации через 3 с после разгрузки и назвали эту деформацию быстрообратимой.

Эластическая деформация возникает вследствие того, что под действием внешней силы происходят изменения конфигураций и перегруппировки макромолекул полимеров, составляющих волокна. При действии внешней силы макромолекулы полимеров переходят в более распрямленное состояние и ориентируются по направлению действия сил, т.е. при растяжении волокон – вдоль их оси. Поскольку макромолекулы взаимодействуют с соседними, а звенья одной и той же молекулы, вследствие ее изогнутости, взаимодействуют друг с другом, эти перемещения совершаются лишь малыми участками полимерных молекул, и нарушенные межмолекулярные взаимодействия тотчас возникают вновь. Для подобной группировки требуется значительное время. Она осуществляется как релаксационный процесс, идущий по времени и приводящий к достижению равновесного состояния. Так как молекулы даже одного и того же вещества могут иметь разные размеры, находиться в состоянии различной изогнутости и в зависимости от своих положений подвергаться большим или меньшим силам взаимодействия, релаксация составляется из множества частных процессов, протекающих за различные периоды времени. Наличие набора периодов релаксации приводит к тому, что у разных волокон суммарный процесс осуществляется за разное время.

Из изложенного видно, что эластическая деформация развивается во времени и завершается за различные периоды времени. Она сильно зависит от условий (температура, влажность и др.), влияющих на межмолекулярные взаимодействия.

После прекращения действия внешней силы молекулы полимеров, вследствие тепловых колебаний, вновь стремятся изо-

гнуть, дезориентироваться, т.е. занять свойственное им равновесное изогнутое состояние. На это вновь требуется значительное время. Таким образом, снова идет суммарный релаксационный процесс, на этот раз уже в обратном направлении: эластическая деформация вначале быстро, а затем все медленнее исчезает. За эластическую деформацию мы принимаем только ту ее часть, которая была реализована за время отдыха  $T_2$ , равное 120 мин. Эту деформацию мы в дальнейшем будем называть медленнообратимой деформацией.

Пластическая деформация возникает вследствие того, что под действием внешней силы происходят необратимые смещения звеньев макромолекул на довольно большие расстояния. Поскольку при развитии этого вида деформации в волокнах макромолекулам приходится преодолевать значительные межмолекулярные связи, она развивается еще медленнее, чем эластическая. Пластическая деформация необратима, так как после удаления внешней силы отсутствуют причины, которые могли бы заставить ее исчезнуть.

Таким образом, в нашем эксперименте в показатель пластической деформации входит истинно пластическая деформация плюс часть эластических деформаций, не успевших исчезнуть за выбранный период отдыха  $T_2$ . Поэтому мы в дальнейшем будем называть ее остаточной деформацией.

Полная абсолютная деформация нитей  $\ell$ , таким образом, представляет собой сумму трех компонентов:

$$\ell = \ell_1 + \ell_2 + \ell_3, \text{ мм}, \quad [1]$$

где  $\ell_1$  – быстрообратимая деформация, мм;  
 $\ell_2$  – медленнообратимая деформация, мм;  
 $\ell_3$  – остаточная деформация, мм;

Нередко полную деформацию и ее составные части выражают в процентах относительно исходных размеров образца.

Тогда полная относительная деформация  $E_0$  будет равна:

$$E_0 = \frac{\ell}{L} \cdot 100, \text{ \%}, \quad [2]$$

где  $\ell = L_k - L_0$ .

Исследования компонентов деформации растяжения текстильных материалов показали, что основными факторами, определяющими величину общей деформации  $E_0$ , %, и ее составных частей (быстрообратимой  $E_1$ , %, медленнообратимой  $E_2$ , %, и остаточной  $E_3$ , %) являются: величина нагрузки, длительность нагружения  $T_1$  и отдыха  $T_2$ , время отсчета деформации после нагружения, разгрузки и отдыха, способ подготовки образцов к испытаниям и атмосферные условия проведения самих испытаний.

В настоящее время поведение текстильных нитей (за исключением текстурированных) в одном цикле "нагрузка-разгрузка-отдых" изучено достаточно полно и подробно. Однако подобные испытания для текстурированных нитей типа эластик весьма ограничены.

На основании изучения составных частей деформации для текстильных материалов были предложены разные методы испытания, отличающиеся главным образом режимом нагружения. Наиболее широко обсуждалась целесообразность метода испытания, основанного на поддержании в цикле нагружения постоянной заданной нагрузки или постоянного заданного удлинения, которые могут выбираться, исходя из целей исследования: равными определенной абсолютной величине  $P_3$  и  $E_3$  или как доли от разрывных  $P_3 = \alpha P_p$ ;  $E_3 = \delta E_p$ , где "α" и "δ" – принятые доли.

Текстурированные нити, в том числе эластик, обладают по сравнению с обычными нитями значительно более сложной структурой, которая, несомненно, скажется на ходе процесса упругого последействия как под нагрузкой, так и при отдыхе.

Деформирование текстурированных нитей типа эластик под действием нагрузок и восстановление ими первоначальных размеров при отдыхе проходит по двум механизмам: распрямления извитков и других структурных элементов, созданных в гладких нитях в процессе текстурирования, и изменения молекулярной и надмолекулярной структуры полимера, составляющего нити, т.е. за счет изменения извитости и внутренней микроструктуры нитей.

Текстурированные нити типа эластик после снятия приложенных сил или деформации быстро восстанавливают свои первоначальные размеры. Величина восстановления длины нити зависит от приложенных сил или от деформации. Поэтому было исследовано влияние величины нагрузки на составные части общей деформации.

Влияние величины нагрузки на составные части общей деформации проведено при следующих заданных нагрузках: 0,004; 0,01; 0,015; 0,04; 0,07 Н/текс.

Для испытания отрезки одиночных нитей выдерживались в свободном состоянии в нормальных атмосферных условиях 12 час. Составные части полной деформации при растяжении определялись на специальном стенде и частично на релаксметре РНТ [7...9]. Длительность нагружения составляла 60 мин, а отдыха после разгрузки – 120 мин. Величину деформации как под нагрузкой, так и после разгрузки определяли спустя 3 с, 30 с, 1, 2, 3, 4, 5, 15, 30, 60 мин от начала нагружения и отдыха (при отдыхе еще через 120 мин).

Начальную длину эластика, длину под нагрузкой и после разгрузки измеряли с предварительным натяжением, равным 0,00003 Н/текс первичной нити. Все испытания выполнялись при температуре  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха  $65 \pm 2\%$ .

На рис. 1 (зависимость составных частей полной деформации растяжения нити эластик ( $E=3,33$  текс  $\times 2$ ) от нагрузки) представлены кривые зависимости долей составных частей деформации растяжения от нагрузки.

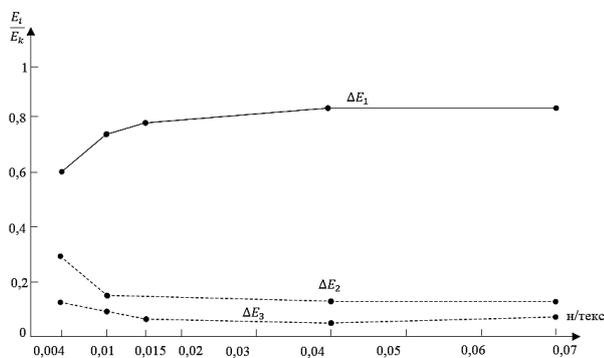


Рис. 1

Как видно из рис. 1, доли быстрообратимых деформаций с увеличением нагрузки возрастают, а доли медленнообратимых – убывают, особенно вначале; доли остаточной деформации вначале убывают, а затем существенно не изменяются.

Из приведенного материала вытекает, что нагрузки, составляющие величину порядка 0,04...0,07 Н/текс (10...25% от разрывной), позволяют выявить уровень остаточной деформации в эластике.

Малые нагрузки порядка 0,004...0,01 Н/текс не позволяют с достаточной четкостью выяснить соотношение долей полной деформации.

## ВЫВОДЫ

Исследование зависимостей полной деформации и ее составных частей показало, что заметное увеличение полной деформации от величины нагрузки наблюдается до нагрузки 0,01 Н/текс.

С увеличением нагрузки более 0,01 Н/текс полная деформация изменяется незначительно.

Текстурированные нити типа эластик, как все обычные нити в одном цикле "нагрузка-разгрузка-отдых", подчиняются общим закономерностям, хорошо известным и присущим всем полимерным материалам.

Особенностью их является наличие извитости, характер извитости и степень ее фиксации, которые сильно влияют на поведение нитей в одном цикле "нагрузка-разгрузка-отдых".

Полная деформация при увеличении нагрузки до 0,01 Н/текс существенно увеличивается. Дальнейшее увеличение нагрузки существенного влияния на полную деформацию не оказывает.

Увеличение нагрузки приводит к ускорению обратного процесса релаксации деформации, в результате чего доля быстрообратимых деформаций увеличивается, а доля медленнообратимых – уменьшается.

Доли остаточной деформации, максимальные при малых нагрузках (менее 0,01 Н/текс), с увеличением нагрузок существенно не изменяются.

Приведенный материал показывает, что одноцикловые характеристики текстурированных нитей при нагрузках, меньших 0,01 Н/текс и больших, существенно отличаются.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Столяров О.Н. и др.* Моделирование деформационных свойств трикотажа из текстурированных полиамидных нитей // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №6. С.63...66.
2. *Станийчук А.В.* Совершенствование методики исследования деформационных свойств трикотажа при пространственном растяжении // Вестник Амурского гос. ун-та. – 2011, №53. С.16...19.
3. *Труевцев Н.Н. и др.* Исследование деформационных характеристик льносодержащей пряжи для трикотажного полотна // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №1. С.11...13.
4. *Шеромова И.А.* Анализ деформационных свойств высокоэластичных трикотажных полотен с учетом условий их эксплуатации // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №1. С.17...19.
5. *Столяров О.Н. и др.* Прогнозирование деформированных состояний трикотажа из текстурированных полиамидных нитей // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №1. С.20...23.
6. *Кудрявин Л.А. и др.* Применение нелинейной упругости к расчету двухмерной деформации трикотажа // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №8. С.69...72.
7. *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.
8. *Jewel Raul.* Textile Testing. APH Publishing Corporation. – New Delhi, 2009.
9. ГОСТ 26560–85. Полотна трикотажные. Метод определения устойчивости к затяжкам.

#### REFERENCES

1. Stolyarov O.N. and other Modeling of deformation properties of knitwear from textured polyamide yarns // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. -2005, No. 6. P.63...66.
  2. Staniychuk A.V. Improving the methodology for studying the deformation properties of knitwear with spatial stretching // Bulletin of the Amur State University. university - 2011, No. 53. P.16...19.
  3. Truevtsev N.N. et al. Study of deformation characteristics of flax-containing yarn for knitted fabric // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. - 2004, No. 1. S.11...13.
  4. Sheromova I.A. Analysis of the deformation properties of highly elastic knitted fabrics, taking into account the conditions of their operation // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. - 2007, No. 1. P.17...19.
  5. Stolyarov O.N. et al. Prediction of deformed states of knitwear made from textured polyamide yarns. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. - 2006, No. 1. S.20...23.
  6. Kudryavin L.A. et al. Application of nonlinear elasticity to the calculation of two-dimensional deformation of knitwear // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. - 2010, No. 8. P.69...72.
  7. Chagina L.L., Smirnova N.A., Vershinina A.V. Research and accounting of deformation properties in the design of clothes from linen knitted fabrics // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. - 2010, No. 5. S.10...14.
  8. Jewel Raul. textile testing. A.P.H. Publishing Corporation. – New Delhi, 2009.
  9. GOST 26560–85. Knitted fabrics. Method for determining resistance to puffs.
- Рекомендована кафедрой инженерии и прикладных наук. Поступила 30.03.22.