

УДК 677.494.675

А.В. Станийчук

**РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ
ОТНОСИТЕЛЬНОГО УДЛИНЕНИЯ ТРИКОТАЖА**

Проведены исследования по разработке оптического метода оценки относительного удлинения трикотажа. Найдены зависимости коэффициента оптической анизотропии и относительного удлинения от прилагаемой нагрузки к растягиваемому образцу трикотажа. Проведенные исследования позволяют сделать заключение, что испытания по предлагаемому методу так же как и по традиционным методам, дают результаты, объективно характеризующие поведение трикотажа при растяжении.

Ключевые слова: оптический метод оценки относительного удлинения трикотажа, трикотажное полотно, коэффициент оптической анизотропии, относительное удлинение, эксплуатационные нагрузки, деформационные свойства трикотажа.

**DEVELOPMENT OF OPTICAL EVALUATION METHOD OF TEXTILE
FABRICS RELATIVE ELONGATION**

The research has been conducted on the development of optical evaluation method of textile fabrics relative elongation. Dependence of a coefficient of optical anisotropy and textile fabrics elongation on applied load on the textile fabrics sample has been established. The research shows that the suggested test method as well as traditional test methods have results which objectively characterize the tensile behavior of textile fabrics.

Key words: optical evaluation method of textile fabrics relative elongation, textile fabrics, a coefficient of optical anisotropy, relative elongation, exploitation load, deformation properties of textile fabrics

Введение

Определение относительного удлинения трикотажа представляет существенный интерес как с теоретической, так и с практической точки зрения. Такая информация широко используется для сравнения предельных деформационных способностей различных материалов, при общей оценке их свойств без уточнения конкретных условий их применения, а также в тех случаях, когда требуется подбирать материалы с определенными удлинениями.

Наиболее распространенный способ определения удлинений, при котором линейные размеры исследуемых образцов регистрируют измерительными инструментами, является трудоемким и не позволяет с высокой точностью оценивать деформации материалов. Оптические методы определения деформаций исключают контактное взаимодействие с материалом, это дает возможность значительно повысить точность измерений, уменьшить трудоемкость исследований, широко использовать их как

в лабораторных условиях, так и для экспресс-контроля технологических параметров вырабатываемых трикотажных материалов.

Постановка задачи исследования

Учитывая вышесказанное, предлагается величину относительного удлинения трикотажа определять способом, который описан в работе [1]. Данный способ заключается в том, что исследуемый материал освещают параллельным световым пучком перпендикулярно его поверхности и регистрируют световые потоки Φ_1 и Φ_2 , рассеянные материалом в обратном направлении в двух одинаковых телесных углах, ориентированных во взаимно-перпендикулярных плоскостях под равными углами к падающему пучку; при этом один из световых потоков Φ_1 регистрируют в плоскости, совпадающей с направлением приложения механического напряжения. О величине относительного удлинения судят по величине коэффициента оптической анизотропии $\alpha = \Phi_1/\Phi_2$.

На рис. 1 приведена схема, поясняющая предлагаемый способ.

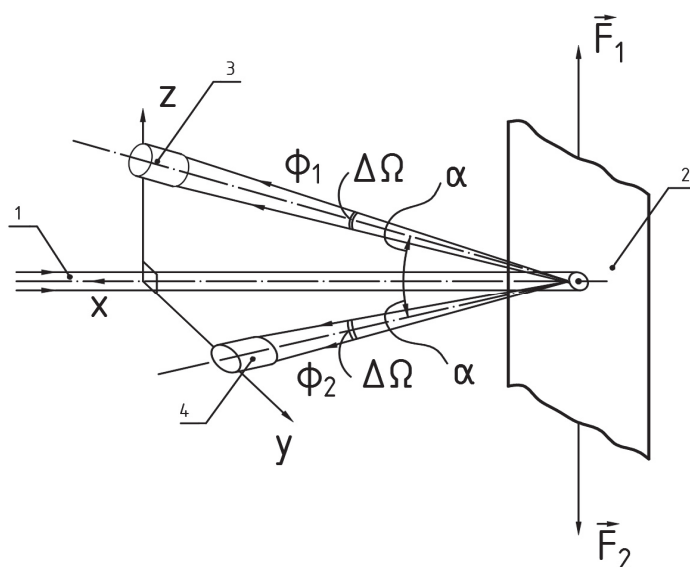


Рис. 1. Схема способа контроля величины относительного удлинения трикотажа:

1 – параллельный пучок света; 2 – исследуемый материал; 3 – фотоприемник; 4 – фотоприемник.

Свет параллельным пучком 1 освещает исследуемый материал 2 перпендикулярно его поверхности. Световой поток Φ_1 , рассеиваемый материалом 2 в телесном угле Ω , расположенном в плоскости, совпадающей с направлением приложения механического напряжения к исследуемому материалу, регистрируется фотоприемником 3. Оптическая ось фотоприемника 3 является осью симметрии телесного угла Ω и расположена в плоскости X,Z под углом α к оси X . Фотоприемник 4 регистрирует световой поток Φ_2 , рассеянный в телесном угле Ω , и расположен под тем же углом α к оси X , так что его оптическая ось лежит в плоскости, перпендикулярной плоскости расположения оси фотоприемника 3, т.е. в плоскости X,Y . Пара сил, растягивающих исследуемый материал, направлена вдоль оси Z . Реализация указанного способа осуществлялась оптическим прибором [2].

Разработка оптического метода оценки относительного удлинения трикотажа

При разработке метода оценки относительного удлинения [3, 4] объектами исследования служили трикотажные полотна различных переплетений, плотностей вязания, цвета, выработанные из различных нитей. Структура полотен представлена различными поперечно-вязаными переплетениями: кулирная гладь (х/б, $T = 71,4$); кулирная гладь (п/ш, $T = 50 \times 2$); кулирная гладь (капрон, $T = 6$);

ластик (х/б, $T = 71,4$); интерлок (х/б, $T = 15,4$), а также осново-вязаными: трико-сукно (капрон – Ввис, $T = 20$); сукно-сукно (Мф – капрон, $T = 24$); трико-трико (хлопок – капрон, $T = 10$). Такое разнообразие полотен было выбрано для того, чтобы проверить работоспособность метода на широкой группе трикотажных полотен, различающихся своими характеристиками.

Исследуемые образцы вырезались в виде квадрата со срезанными углами. Размер рабочей зоны образцов составлял 220x220 мм. Подготовку образцов к исследованию осуществляли в соответствии со стандартными методами.

Подготовленный образец устанавливали в зажимы устройства для плоскостного растяжения материалов [2], после чего образец нагружали предварительной нагрузкой, выбранной таким образом, чтобы под ее действием образец лишь расправился, не получив деформации. Для этого применяли специальные подвесные зажимы с изменяющимися массами. Затем распрямленный образец закрепляли в противоположных зажимах.

Датчик оптического прибора, совмещенный с координатным столиком, устанавливали над образцом таким образом, чтобы фотоприемник канала X был ориентирован в плоскости, совпадающей с направлением приложения нагрузки к исследуемому образцу. Источник света – He Ne лазер облучал исследуемый материал в направлении нормали плоскости его растяжения. На индикаторе оптического прибора устанавливали значения коэффициента анизотропии $\alpha = 1$, что соответствовало начальному значению для отсчета показаний.

Управление процессом деформирования образцов на универсальной установке производилось по специальной программе [2].

После ввода параметров работы устройства для плоскостного растяжения материалов система автоматического управления дает команду электромеханическому приводу устройства, которое посредством зажимов растягивает исследуемый образец. Усилия при растяжении пробы передавались тензометрической системой на гальванометр светолучевого осциллографа, одновременно электронный блок оптического прибора передавал сигналы на другой гальванометр этого же прибора. Таким образом, были получены осциллограммы с одновременной регистрацией кривых растяжения и изменения коэффициента анизотропии светорассеяния исследуемых образцов.

При проведении эксперимента образцы растягивались постоянной заданной нагрузкой, значение которой увеличивали с равными интервалами (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 ... Н). Контрольный замер удлинения образца производили инструментальной линейкой.

Исследования показали, что при увеличении растягивающей нагрузки значения величин коэффициента анизотропии α убывают. Это затрудняет сравнение кривых изменения α с кривыми относительного удлинения ε , которые с увеличением нагрузки растут. Поэтому для удобства графического представления зависимостей была использована обратная величина коэффициента анизотропии $-1/\alpha$.

Результаты испытаний были сведены в табл. 1, 2 в которых представлены величины $1/\alpha$ и относительных удлинений ε % для исследованных трикотажных полотен, соответствующие различным значениям нагрузки P . По полученным данным были построены зависимости $1/\alpha$ от P и ε от P (рис. 2 – 7). На рис. 2 – 7 пунктирными линиями показаны зависимости обратной величины коэффициента анизотропии от приложенной нагрузки, а сплошными линиями – зависимости относительного удлинения от приложенной нагрузки. По графикам видно, что данные зависимости для всех исследуемых полотен имеют одинаковый характер.

Полученные кривые изменения относительного удлинения и кривые изменения обратной величины коэффициента анизотропии от приложенной нагрузки были аппроксимированы методом наименьших квадратов.

Таблица 1

Значения обратной величины коэффициента анизотропии и относительного удлинения при двухосном растяжении (измерение по петельному столбику)*

Вид переплетения, вид сырья		Прикладываемая нагрузка, Р, Н									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	
Кулирная гладь, х/б	1/ε	$\frac{1,080}{23,0}$	$\frac{1,130}{33,0}$	$\frac{1,150}{40,5}$	$\frac{1,170}{45,0}$	$\frac{1,180}{47,0}$	$\frac{1,190}{48,0}$	$\frac{1,210}{50,0}$	$\frac{1,220}{51,0}$	$\frac{1,225}{52,0}$	
Кулирная гладь, п/ш		$\frac{1,110}{22,5}$	$\frac{1,140}{33,0}$	$\frac{1,160}{40,0}$	$\frac{1,180}{44,9}$	$\frac{1,190}{47,0}$	$\frac{1,220}{49,0}$	$\frac{1,230}{50,5}$	$\frac{1,240}{51,6}$	$\frac{1,260}{55,0}$	
Кулирная гладь, капрон		$\frac{1,100}{22,0}$	$\frac{1,140}{27,0}$	$\frac{1,160}{32,0}$	$\frac{1,170}{36,0}$	$\frac{1,190}{40,0}$	$\frac{1,200}{42,0}$	$\frac{1,220}{44,0}$	$\frac{1,230}{47,0}$	$\frac{1,240}{49,0}$	
Ластик, х/б		ε	$\frac{1,090}{14,5}$	$\frac{1,150}{18,0}$	$\frac{1,170}{20,5}$	$\frac{1,180}{21,8}$	$\frac{1,190}{23,0}$	$\frac{1,210}{24,7}$	$\frac{1,220}{25,3}$	$\frac{1,240}{26,0}$	$\frac{1,250}{27,0}$
Интерлок, х/б			$\frac{1,110}{10,0}$	$\frac{1,140}{15,1}$	$\frac{1,170}{19,3}$	$\frac{1,190}{22,5}$	$\frac{1,210}{26,0}$	$\frac{1,230}{28,1}$	$\frac{1,250}{31,4}$	$\frac{1,260}{33,1}$	$\frac{1,264}{35,6}$
Трикосукно; капрон, ВВис			$\frac{1,123}{25,0}$	$\frac{1,169}{32,5}$	$\frac{1,193}{38,0}$	$\frac{1,218}{43,0}$	$\frac{1,230}{45,0}$	$\frac{1,240}{47,0}$	$\frac{1,249}{49,0}$	$\frac{1,259}{52,0}$	$\frac{1,261}{55,0}$
Сукносукно; МФ-капрон			$\frac{1,130}{8,8}$	$\frac{1,160}{13,0}$	$\frac{1,180}{16,6}$	$\frac{1,200}{20,0}$	$\frac{1,220}{22,5}$	$\frac{1,240}{25,0}$	$\frac{1,270}{28,5}$	$\frac{1,300}{30,0}$	$\frac{1,320}{33,0}$
Трико-трико; хлопок, капрон			$\frac{1,100}{16,0}$	$\frac{1,140}{25,5}$	$\frac{1,160}{31,5}$	$\frac{1,170}{37,0}$	$\frac{1,190}{39,8}$	$\frac{1,200}{43,0}$	$\frac{1,220}{47,0}$	$\frac{1,230}{50,0}$	$\frac{1,240}{52,0}$

* 1/ε – коэффициент анизотропии; ε – относительное удлинение.

Таблица 2

Значения обратной величины коэффициента анизотропии и относительного удлинения при двухосном растяжении (измерение по петельному ряду)*

Вид переплетения, вид сырья		Прикладываемая нагрузка, Р, Н									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	
Кулирная гладь, х/б	$1/\alpha$	$\frac{1,095}{24,0}$	$\frac{1,145}{34,0}$	$\frac{1,165}{42,0}$	$\frac{1,187}{47,0}$	$\frac{1,193}{50,0}$	$\frac{1,202}{51,0}$	$\frac{1,224}{53,0}$	$\frac{1,235}{54,0}$	$\frac{1,241}{55,0}$	
Кулирная гладь, п/ш		$\frac{1,127}{24,5}$	$\frac{1,158}{35,0}$	$\frac{1,175}{41,0}$	$\frac{1,195}{47,0}$	$\frac{1,207}{50,0}$	$\frac{1,234}{51,0}$	$\frac{1,246}{52,5}$	$\frac{1,255}{53,6}$	$\frac{1,277}{57,0}$	
Кулирная гладь, капрон		$\frac{1,115}{24,0}$	$\frac{1,156}{29,0}$	$\frac{1,177}{34,0}$	$\frac{1,186}{38,0}$	$\frac{1,205}{42,0}$	$\frac{1,235}{44,0}$	$\frac{1,243}{46,0}$	$\frac{1,245}{49,0}$	$\frac{1,257}{51,0}$	
Ластик, х/б		ε	$\frac{1,107}{14,5}$	$\frac{1,165}{18,0}$	$\frac{1,185}{20,5}$	$\frac{1,183}{21,8}$	$\frac{1,205}{23,0}$	$\frac{1,226}{24,7}$	$\frac{1,235}{25,3}$	$\frac{1,255}{26,0}$	$\frac{1,266}{27,0}$
Интерлок, х/б			$\frac{1,126}{11,0}$	$\frac{1,155}{16,1}$	$\frac{1,185}{20,3}$	$\frac{1,203}{24,5}$	$\frac{1,225}{27,0}$	$\frac{1,245}{28,1}$	$\frac{1,266}{33,4}$	$\frac{1,275}{35,1}$	$\frac{1,280}{37,6}$
Трикотно; капрон, ВВис			$\frac{1,111}{23,0}$	$\frac{1,160}{31,0}$	$\frac{1,183}{37,0}$	$\frac{1,205}{42,0}$	$\frac{1,220}{44,0}$	$\frac{1,233}{46,0}$	$\frac{1,243}{48,0}$	$\frac{1,254}{51,0}$	$\frac{1,259}{54,0}$
Сукно-сукно; МФ-капрон			$\frac{1,115}{7,8}$	$\frac{1,145}{10,0}$	$\frac{1,165}{13,6}$	$\frac{1,185}{17,0}$	$\frac{1,205}{19,0}$	$\frac{1,225}{22,0}$	$\frac{1,255}{25,0}$	$\frac{1,285}{27,0}$	$\frac{1,305}{30,0}$
Трико-трико; хлопок, капрон			$\frac{1,090}{14,0}$	$\frac{1,130}{23,5}$	$\frac{1,150}{29,5}$	$\frac{1,160}{35,0}$	$\frac{1,180}{37,3}$	$\frac{1,190}{41,0}$	$\frac{1,210}{45,0}$	$\frac{1,220}{48,0}$	$\frac{1,230}{50,1}$

* α – коэффициент анизотропии; ε – относительное удлинение.

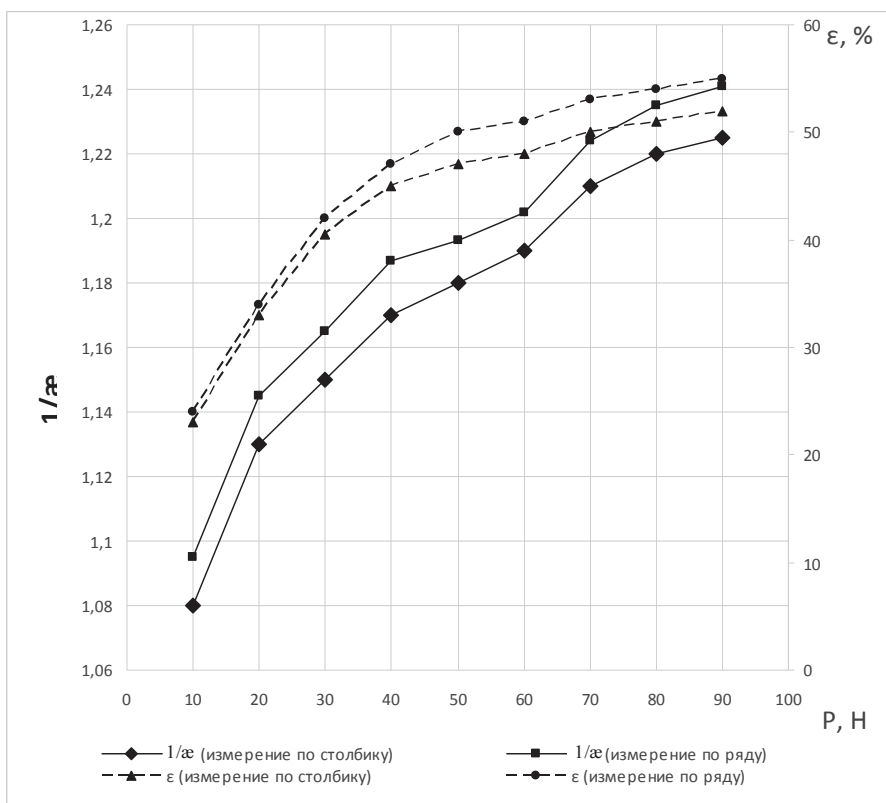


Рис. 2. Зависимость обратной величины коэффициента анизотропии $1/\alpha$ (пунктирная линия) и относительного удлинения ϵ (сплошная линия) от приложенной нагрузки P при двухосном растяжении кулирной глади х/б, $T = 71,4$.

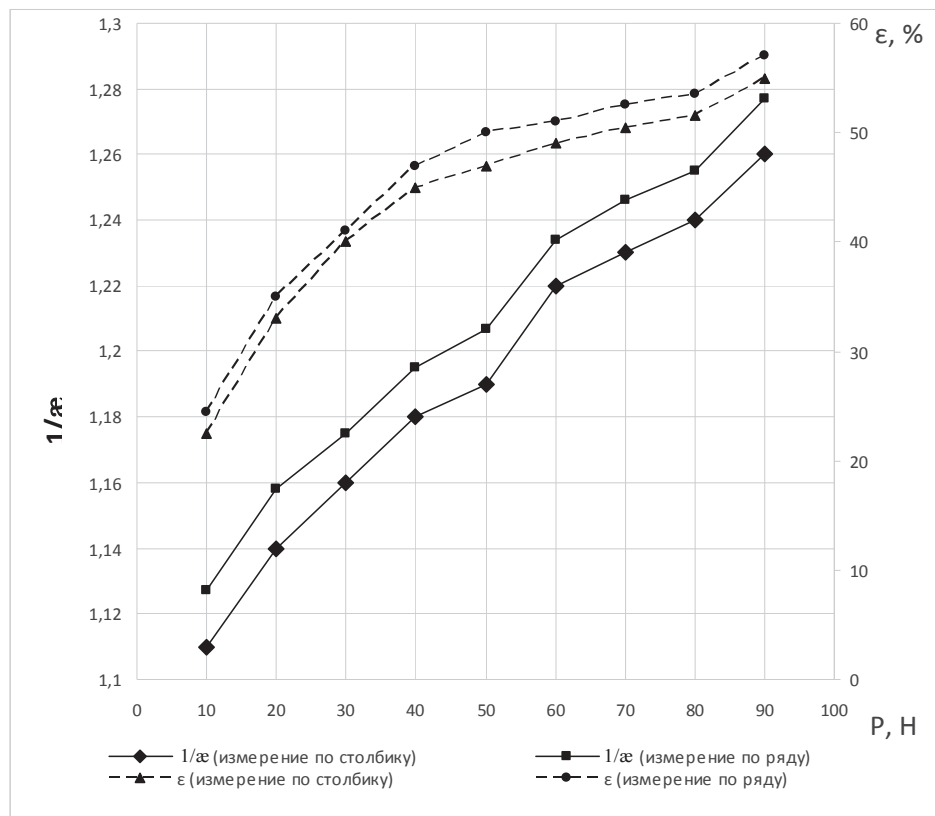


Рис. 3. Зависимость обратной величины коэффициента анизотропии $1/\alpha$ (пунктирная линия) и относительного удлинения ϵ (сплошная линия) от приложенной нагрузки P при двухосном растяжении кулирной глади п/ш, $T = 50 \times 2$.

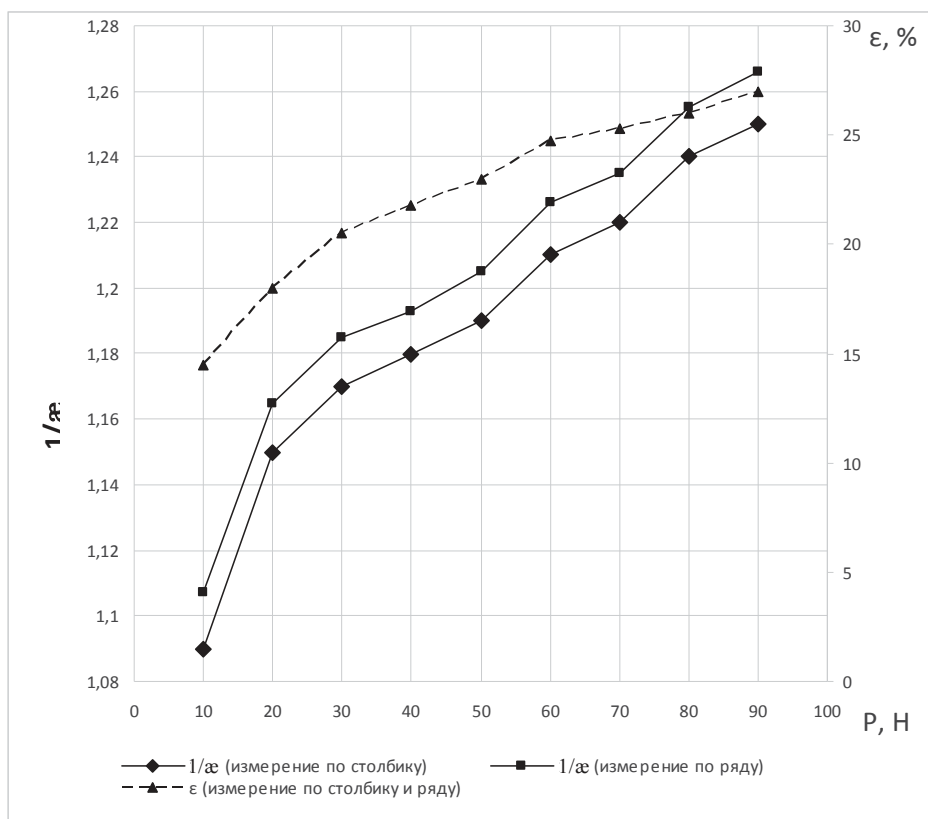


Рис. 4. Зависимость обратной величины коэффициента анизотропии $1/\alpha$ (пунктирная линия) и относительного удлинения ϵ (сплошная линия) от приложенной нагрузки P при двухосном растяжении листа x/δ , $T = 71,42$.

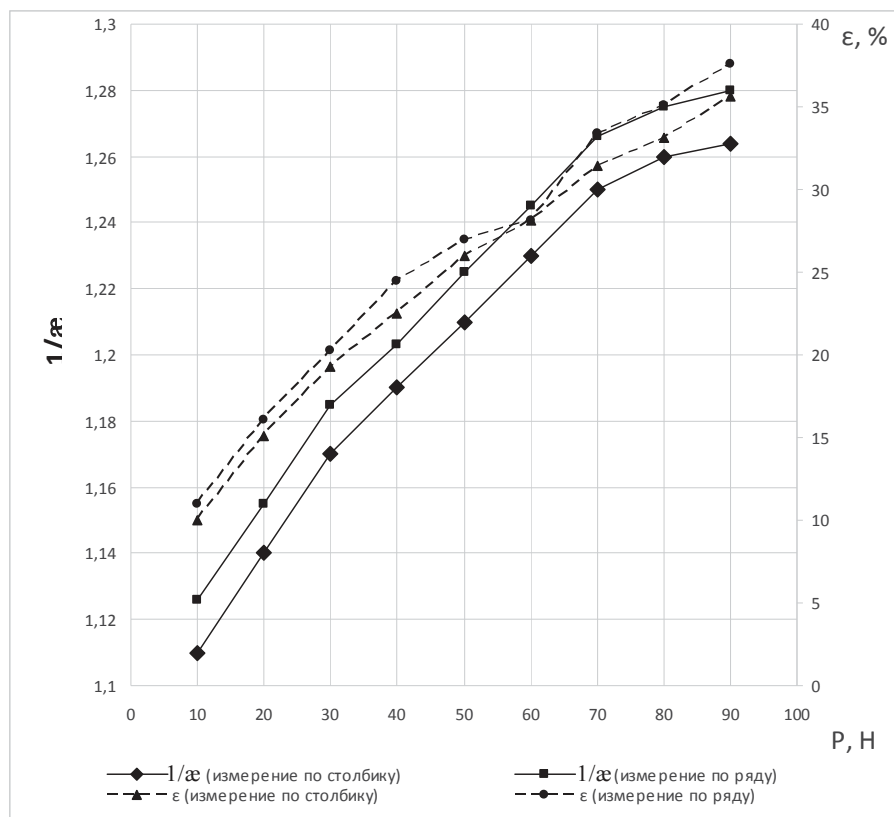


Рис. 5. Зависимость обратной величины коэффициента анизотропии $1/\alpha$ (пунктирная линия) и относительного удлинения ϵ (сплошная линия) от приложенной нагрузки P при двухосном растяжении интерлока x/δ , $T = 71,42$.

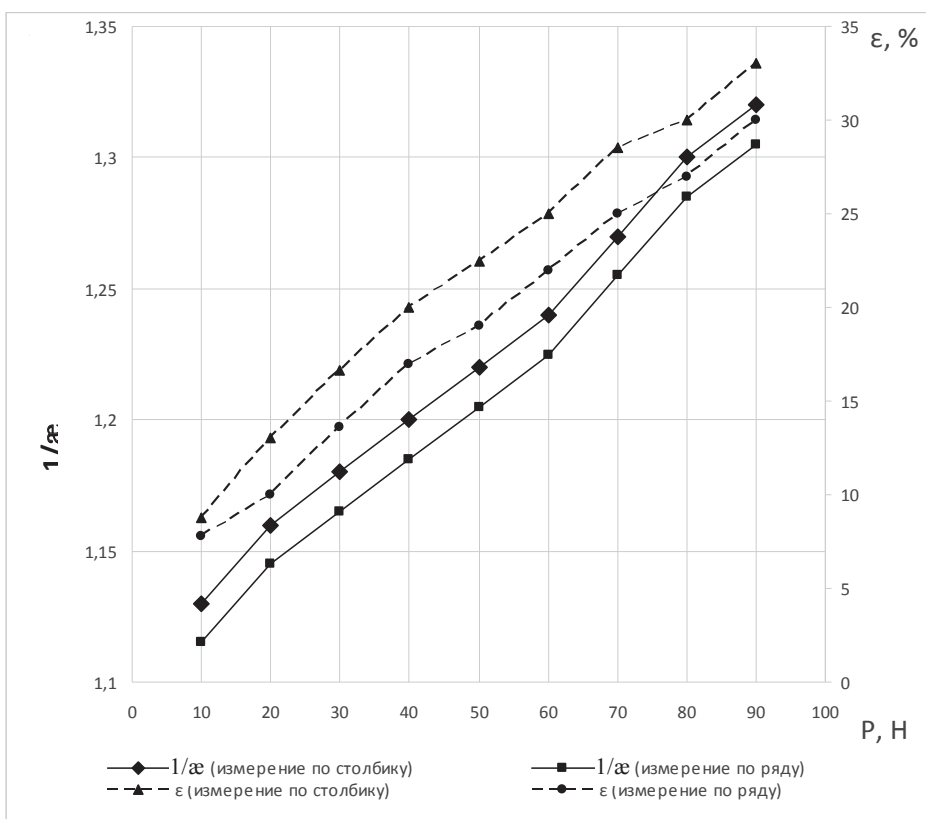


Рис. 6. Зависимость обратной величины коэффициента анизотропии $1/\alpha$ (пунктирная линия) и относительного удлинения ϵ (сплошная линия) от приложенной нагрузки P при двухосном растяжении сукно – сукно, МФ-капрон, $T = 24$.

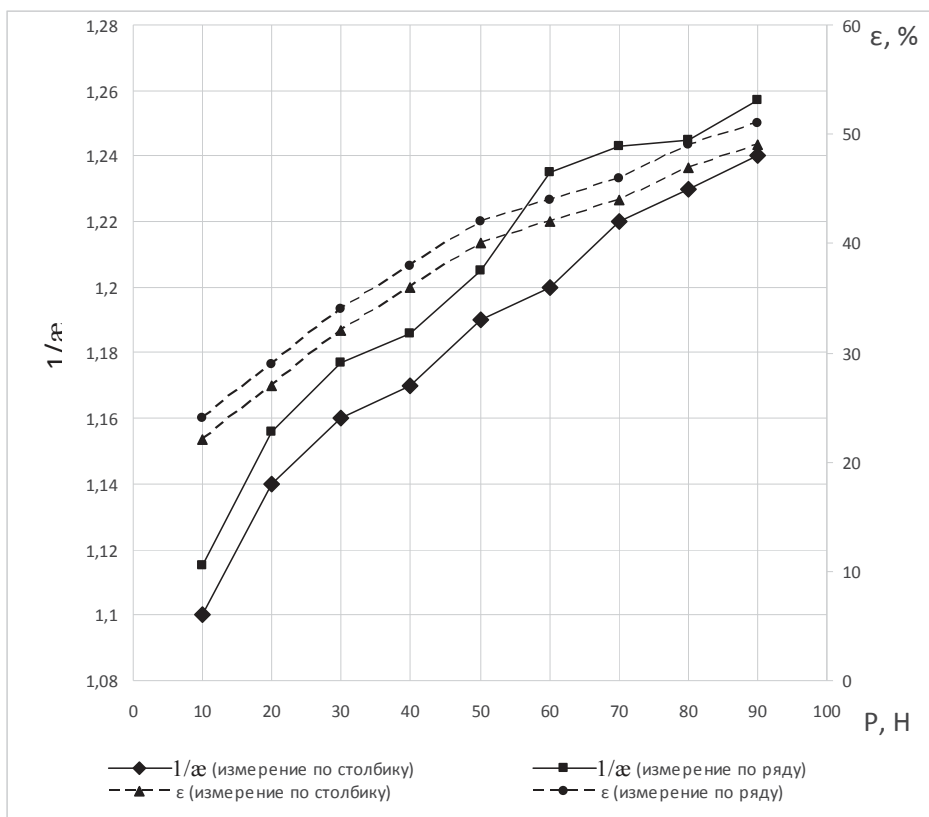


Рис. 7. Зависимость обратной величины коэффициента анизотропии $1/\alpha$ (пунктирная линия) и относительного удлинения ϵ (сплошная линия) от приложенной нагрузки P при двухосном растяжении кулирной глади, капрон, $T = 6$.

В результате найдены аналитические выражения, описывающие полученные кривые, общий вид которых представляет:

для относительных удлинений

$$\varepsilon = a_1 \cdot p^{b_1}, \quad (1)$$

для обратных величин коэффициентов анизотропии

$$1/\alpha = a_2 \cdot p^{b_2}, \quad (2)$$

где a_1 , b_1 и a_2 , b_2 – коэффициенты, зависящие от вида материала.

Величины коэффициентов корреляции для всех аппроксимированных кривых находятся в пределах $R = 0,97 - 0,99$. Это говорит о том, что найденные нами выражения (1) и (2) в виде степенных функций с высокой точностью описывают экспериментальные зависимости $1/\alpha = f(P)$ и $\varepsilon = f(P)$.

Выводы

Учитывая изложенное, а также то, что исследованию подвергался широкий ассортимент трикотажных полотен различных переплетений, плотностей вязания, вида, толщины и цвета нитей, с достаточной вероятностью можно считать, что зависимость $1/\alpha = f(P)$ адекватна зависимости $\varepsilon = f(P)$ для каждого конкретного трикотажного материала.

Проведенные исследования позволяют сделать заключение, что испытания предлагаемым методом, как и традиционными, дают результаты, объективно характеризующие поведение трикотажа при растяжении. А поскольку использование разработанного метода позволяет оценивать относительное удлинение трикотажа с меньшей трудоемкостью, чем традиционными, не контактируя с исследуемым материалом, то следует признать преимущество разработанного метода.

1. Оптический способ контроля волоконсодержащих материалов / Шляхтенко П.Г., Садовский В.В., Виноградов Б.А., Сергеев А.В. // Текстильная промышленность. – 1994. – № 1. – С. 31-32.

2. Исследование деформационных свойств трикотажа при плоскостном растяжении / Станийчук А.В., Медведев А.М. // Дизайн. Материалы. Технология. – СПбГУПТД. – 2016. – № 1 (41). – С. 59-66.

3. Садовский, В.В., Станийчук, А.В. Разработка метода оценки деформации растяжения трикотажных материалов // Роль студенческих объединений в развитии научно-технического прогресса в текстильной и легкой промышленности: Тез. докл. межрегионального научно-практического семинара. Иваново, 18-20 мая 1993 г. – Иваново, 1993. – С. 11-12.

4. Виноградов, Б.А., Садовский, В.В. Станийчук, А.В. Разработка метода оценки относительного удлинения плоских волоконсодержащих материалов с применением лазерных источников излучения // Тематический сборник по разделу «Наукоемкие технологии» программы «Дальний Восток России». – Благовещенск, 1994. – С. 17-23.