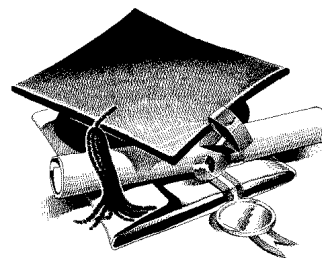


## ТОВАРОВЕДЕНИЕ И ЭКСПЕРТИЗА ТОВАРОВ



**В. В. САДОВСКИЙ,  
Т. А. ГАПОНОВА, Л. О. БРАТЧЕНЯ**

---

### *ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИИ УСИЛИЙ В ПОЛУШЕРСТЯНЫХ КАМВОЛЬНЫХ ТКАНЯХ ПРИ ДВУХОСНОМ РАСТЯЖЕНИИ*

---

Для проведения исследования было разработано устройство, позволяющее создавать различные варианты двухосной плоскостной деформации ткани, в том числе при воздействии температуры. Исследование показало, что релаксация усилия после двухосного деформирования тканей зависит от величины деформирования, волокнистого состава тканей, их состояния (сухое или влагонасыщенное) и температуры.

**Ключевые слова:** камвольная ткань; двухосное растяжение; релаксационные процессы.

**УДК** 677.017.462

---

В ходе отделочных операций ткань подвергается механическим воздействиям, в результате которых она деформируется как по основе, так и по утку, чаще в обоих направлениях одновременно. При этом ткань может находиться как в сухом, так и во влажном состояниях. В процессе деформирования ткань и нити, из которых она изготовлена, получают нагрузки, что выводит их из равновесного состояния, в результате чего изменяются параметры их структуры. После прекращения нагрузок или термомеханических видов отделок (например, терморфiksации) возникшие в ткани напряжения релаксируют, что также приводит к изменению параметров структуры ткани и нитей.

Полушерстяные камвольные ткани различаются содержанием волокон шерсти, плотностью по основе и утку и линейной плотностью нитей, из которых они получены. Естественно, что напряжения, возникшие в тканях в процессе отделки, и релаксационные процессы будут протекать не одинаково.

---

*Виктор Васильевич САДОВСКИЙ (sadovski\_v@bseu), доктор технических наук, профессор кафедры товароведения непродовольственных товаров Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь);*

*Татьяна Андреевна ГАПОНОВА (tanushkin93@gmail.com), аспирантка кафедры товароведения непродовольственных товаров Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь);*

*Лилия Олеговна БРАТЧЕНЯ (lili202@mail.ru), начальник группы по качеству цеха отделки тканей ОАО «Камволь».*

Все это вызвало необходимость исследования релаксационных процессов тканей различного волокнистого состава при двухосном растяжении при нормальной температуре воздуха (20–22 °С) и воздействии на ткань потока горячего воздуха (180 °С).

Для проведения данного исследования была разработана и изготовлена установка, которая представляет собой цельнометаллическую прямоугольную раму на регулируемых по высоте ножках (рис. 1). На каждой стороне рамы на подвижных в горизонтальном направлении стержнях закреплены зажимы для крепления ткани. При перемещении каждой пары зажимов в противоположных направлениях можно создавать различные варианты двухосного деформирования тканей в горизонтальной плоскости.

На обеих осях деформирования установлены тензометрические датчики, позволяющие записывать усилия, возникающие при деформировании ткани, а также релаксацию усилия при прекращении деформирования. Информация от датчиков через аналого-цифровой преобразователь поступает на компьютер, в котором в режиме реального времени ведется запись усилия и релаксации усилия. Записанные данные сохраняются в виде таблиц в MS Excel.

Для исследования деформационных характеристик ткани при воздействии температуры сделана подвижная конструкция (рис. 2), которая состоит из прибора (1), установленного под рамкой и подающего сухой горячий воздух в диапазоне от 130 до 200 °С, и прибора (2), установленного над рамкой, в виде плоской пластины с нагревательным элементом, обеспечивающей нагрев до 100 °С и задерживающей сухой горячий воздух, идущий снизу.

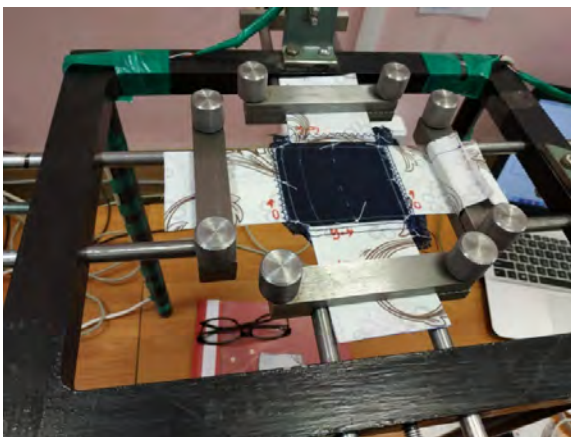


Рис. 1. Установка с деформируемым образцом ткани (вид сверху)



Рис. 2. Установка приборов подачи горячего воздуха

Разработанное устройство позволяет создавать различные варианты двухосной плоскостной деформации ткани, в том числе при воздействии температуры.

Исследования проводились на шести образцах тканей одного переплетения — саржа 2/1 (табл. 1). Из них три образца (№ 1, 2, 3) имели одинаковый волокнистый состав, но различные плотности по основе и утку и линейные плотности нитей, и три образца (№ 4, 5, 6), состав которых различается по количеству шерстяных волокон и полиэстера, плотностями по основе и утку, линейными плотностями нитей, а также в отличие от первых трех образцов содержат лайкру.

Таблица 1. Характеристики исследуемых образцов

Номер образца	Состав ткани	Поверхностная плотность ткани, г/м <sup>2</sup>	Количество нитей на 10 см ткани, основа/уток	Линейная плотность нитей, текс, основа/уток	Крутка нитей, кр/м, основа/уток	Разрывная нагрузка нитей, сН, основа/уток
1.	Ш – 45 %,	184	<u>339</u>	<u>28</u>	<u>680</u>	<u>497</u>
	ПЭ – 55 %		258	28	680	497
2.	Ш – 45 %,	192	<u>277</u>	<u>36</u>	<u>1147</u>	<u>495</u>
	ПЭ – 55 %		216	36	1147	495
3.	Ш – 45 %,	214	<u>281</u>	<u>42</u>	<u>536</u>	<u>822</u>
	ПЭ – 55 %		190	42	536	822
4.	Ш – 43 %,	210	<u>260</u>	<u>38</u>	<u>662</u>	<u>643</u>
	ПЭ – 55 %, л – 2 %		190	42,4	649	681
5.	Ш – 33 %,	218	<u>248</u>	<u>42</u>	<u>565</u>	<u>846</u>
	ПЭ – 65 %, л – 2 %		177	46,4	669	842
6.	Ш – 20 %,	225	<u>231</u>	<u>42</u>	<u>562</u>	<u>961</u>
	ПЭ – 78 %, л – 2 %		190	46,4	658	995

Результаты исследования релаксации усилий после одновременного растяжения тканей по основе и утку в сухом состоянии и при полном влагопоглощении представлены в табл. 2 и на рис. 3–6.

Таблица 2. Сравнительные характеристики образцов при растяжении и релаксации тканей по основе и утку в сухом состоянии и при полном влагонасыщении

Номер образца ткани	Характеристики при растяжении на 5,8 % / 7,7 % и релаксации											
	Усилие при растяжении, Н				Падение усилия в процессе релаксации, %				Продолжительность релаксации, с			
	В сухом состоянии		Во влажном состоянии		В сухом состоянии		Во влажном состоянии		В сухом состоянии		Во влажном состоянии	
	основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
1.	38,33	26,73	<u>28,48</u> 39,4	<u>22,35</u> 31,80	9,5	8,8	<u>11,5</u> 14,9	<u>9,3</u> 9,0	140,2	126,8	<u>166,1</u> 231,1	<u>131,8</u> 171,9
2.	29,50	18,96	<u>19,06</u> 27,51	<u>14,29</u> 25,81	12,7	7,4	<u>15,6</u> 21,6	<u>10,9</u> 9,1	225,6	87,6	<u>247,7</u> 270,4	<u>142,3</u> 151,5
3.	54,42	28,28	<u>35,57</u> 51,86	<u>24,34</u> 34,71	9,0	6,7	<u>18,8</u> 15,9	<u>10,4</u> 8,1	252,1	152,1	<u>267,1</u> 299,7	<u>174,7</u> 179,3
4.	13,01	4,07	<u>9,40</u> 21,76	<u>2,16</u> 6,58	8,1	6,6	<u>11,1</u> 16,3	<u>7,4</u> 13,7	109,7	48,1	<u>57,8</u> 210,7	<u>29,8</u> 68,3
5.	17,67	6,01	<u>13,52</u> 25,46	<u>5,32</u> 8,76	11,1	9,8	<u>10,8</u> 8,6	<u>4,9</u> 5,9	135,5	78,8	<u>70,4</u> 152,4	<u>52,3</u> 79,3
6.	18,87	12,02	<u>14,42</u> 30,22	<u>6,76</u> 16,13	9,9	6,5	<u>6,5</u> 19,3	<u>5,9</u> 6,8	187,6	88,8	<u>93,3</u> 230,1	<u>38,3</u> 124,2

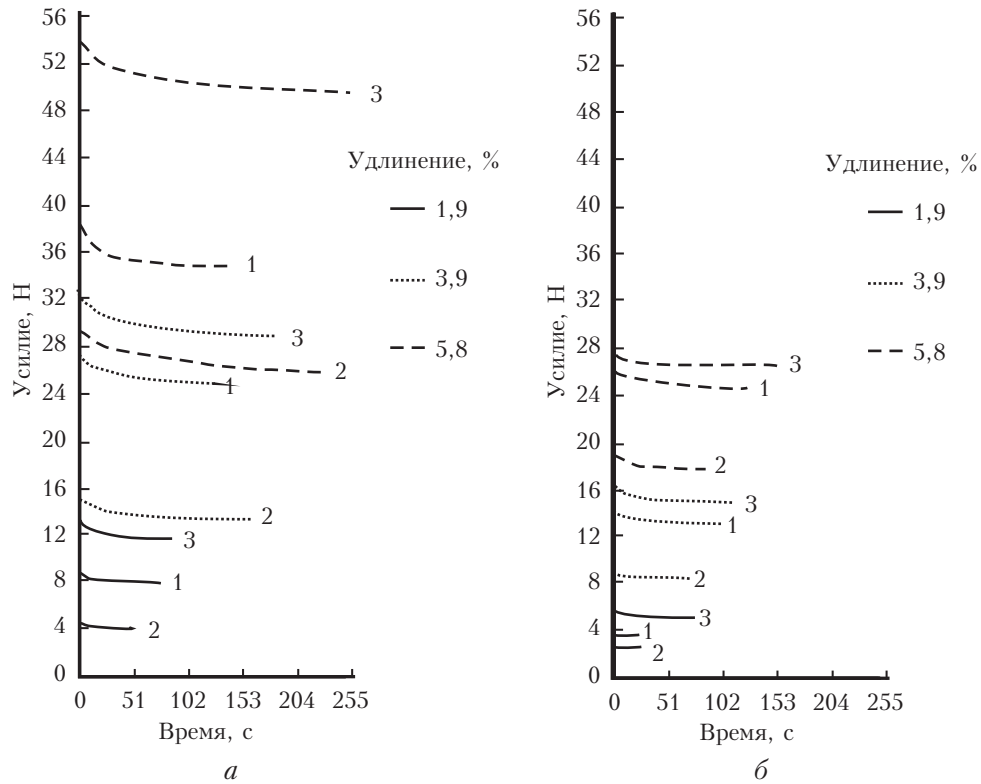


Рис. 3. Релаксации усилий после различной величины растяжения по основе и утку тканей 1, 2, 3 в сухом состоянии: *а* — по основе; *б* — по утку

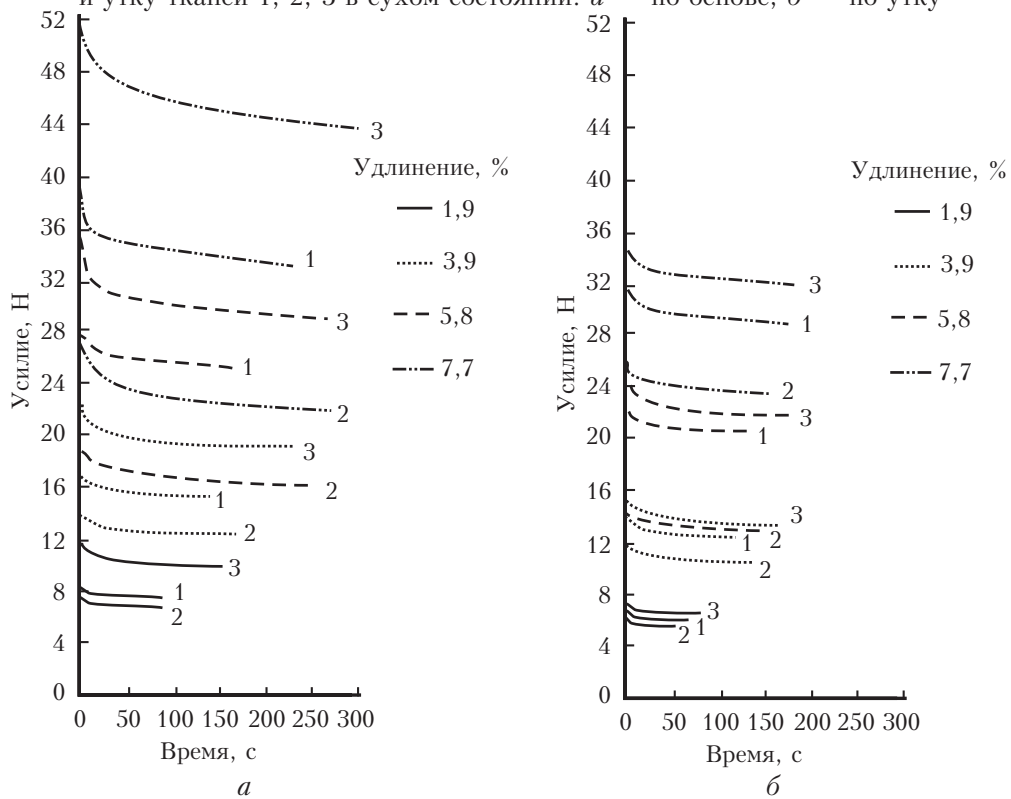


Рис. 4. Релаксации усилий после различной величины растяжения по основе и утку тканей 1, 2, 3 при полном влагонасыщении: *а* — по основе; *б* — по утку

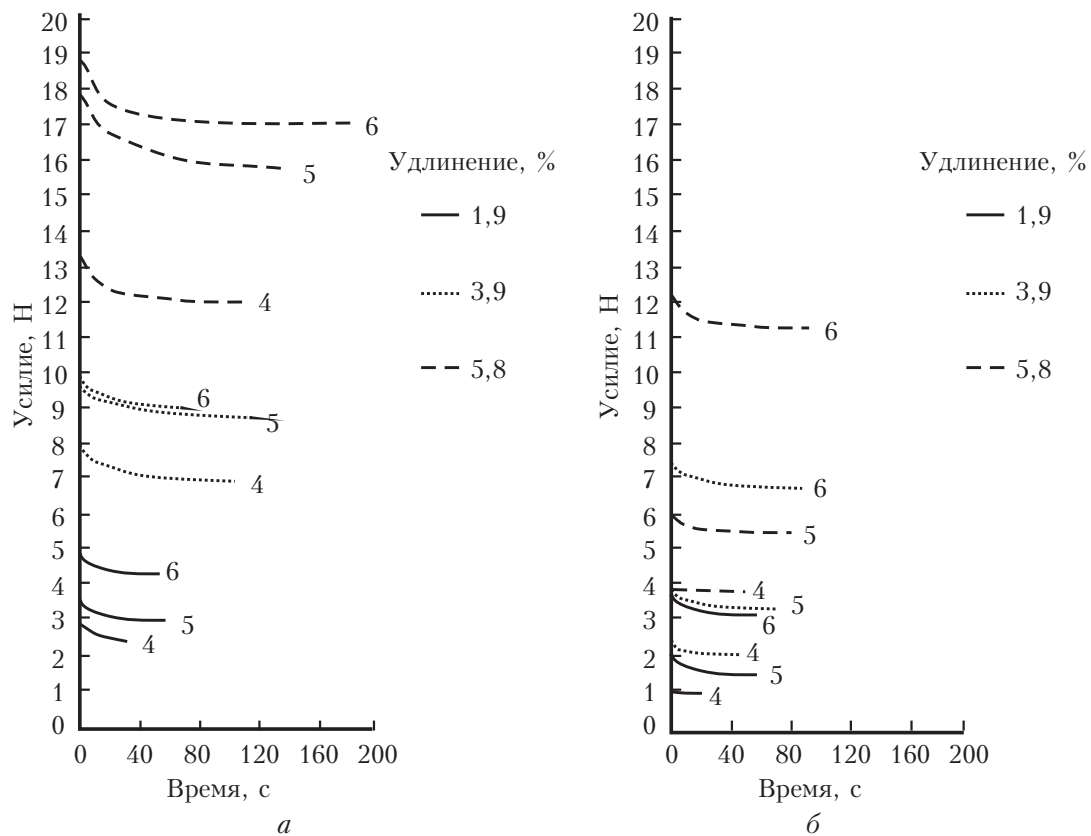


Рис. 5. Релаксация усилий после различной величины растяжения по основе и утку тканей 4, 5, 6 в сухом состоянии: а — по основе; б — по утку

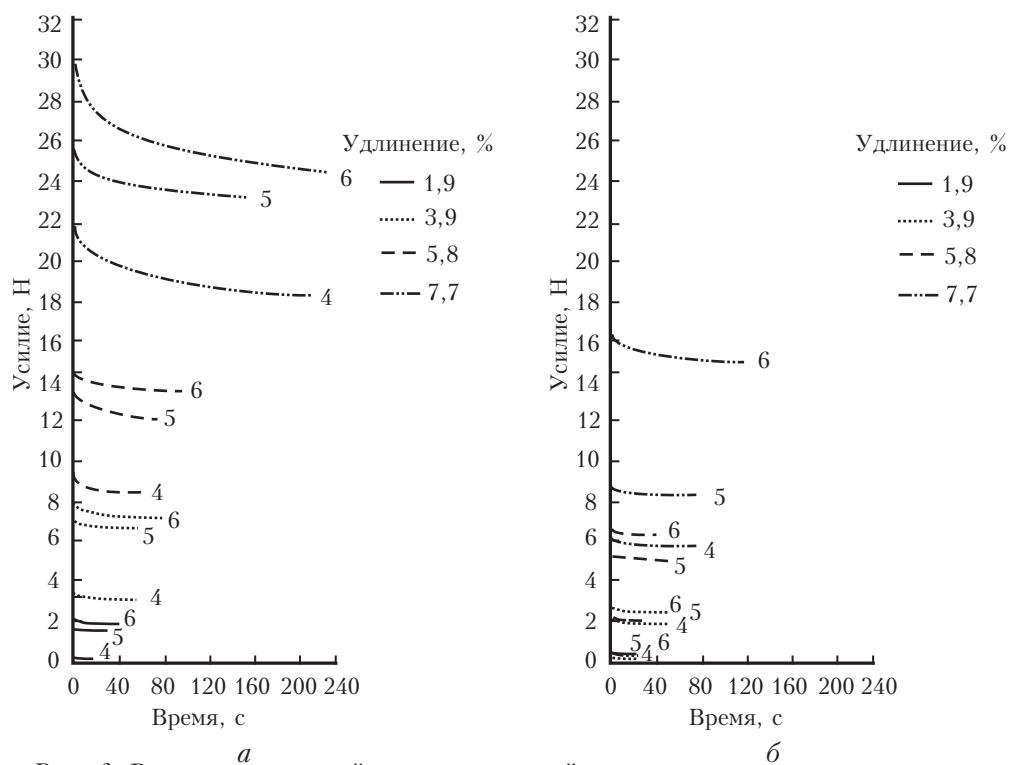


Рис. 6. Релаксация усилий после различной величины растяжения по основе и утку тканей 4, 5, 6 при полном влагонасыщении: а — по основе; б — по утку

Из табл. 2 и рис. 3–6 видно, что усилия, возникающие при двухосном деформировании тканей на одинаковую величину, значительно больше по основе, чем по утку, причем как в сухом, так и во влажном состояниях тканей.

Усилия при различных величинах двухосного деформирования тканей в сухом состоянии выше, чем при полном влагонасыщении, как по основе, так и по утку. При этом разница в усилиях по основе у сухих и влагонасыщенных тканей, не содержащих лайкры (1, 2, 3), выше, чем у тканей с лайкрой (4, 5, 6), 25,7 – 35,4 % и 23,6 – 27,7 % соответственно. Разница усилий по утку у сухих и влагонасыщенных тканей наоборот больше у тканей с лайкрой (11,5 – 46,9 %), чем у тканей без лайкры (13,9 – 24,6 %).

Величины падения усилия при растяжении тканей (5,8 %) по основе и утку в процессе релаксации больше у тканей при полном влагонасыщении (по основе 6,5 – 18,8 %, по утку 4,9 – 10,9 %), чем в сухом состоянии (по основе 8,1 – 11,1 %, по утку 6,5 – 9,8 %).

Продолжительность релаксации усилий после прекращения деформирования по основе больше, чем по утку у всех тканей, как в сухом, так и в увлажненном состояниях (табл. 2, рис. 7 и 8). В сухом состоянии по основе она составляет 109,7 – 252,1 с, по утку 48,1 – 152,1 с, во влажном состоянии – по основе 57,8 – 267,1 с, по утку 29,8 – 174,7 с. У тканей, не содержащих лайкры (1, 2, 3), в увлажненном состоянии продолжительность релаксации выше, чем в сухом, как по основе, так и по утку. В сухом состоянии по основе она составляет 140,2 – 252,1 с, по утку 87,6 – 152,1 с, во влажном состоянии – по основе 166,1 – 267,1 с, по утку 134,8 – 174,7 с. У тканей с лайкрой (4, 5, 6) наоборот – во влажном состоянии они релаксируют быстрее, чем в сухом. Продолжительность релаксации во влажном состоянии по основе составляет 57,8 – 93,3 с, по утку 29,8 – 52,3 с, в сухом по основе 109,7 – 185,6 с, по утку 48,1 – 88,8 с. Следует отметить, что продолжительность релаксации по основе и утку у тканей с лайкрой значительно меньше, чем у тканей без лайкры, как в сухом, так и в увлажненном состояниях.

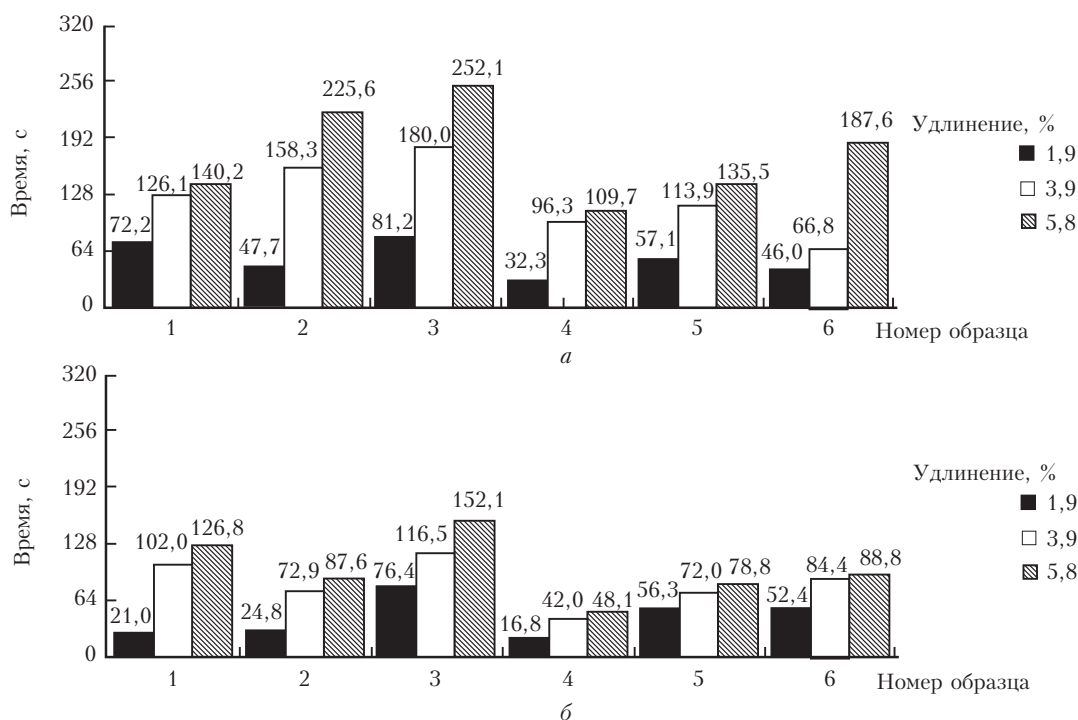


Рис. 7. Время релаксации тканей при различном удлинении при деформации по основе и утку в сухом состоянии: а – основа; б – уток

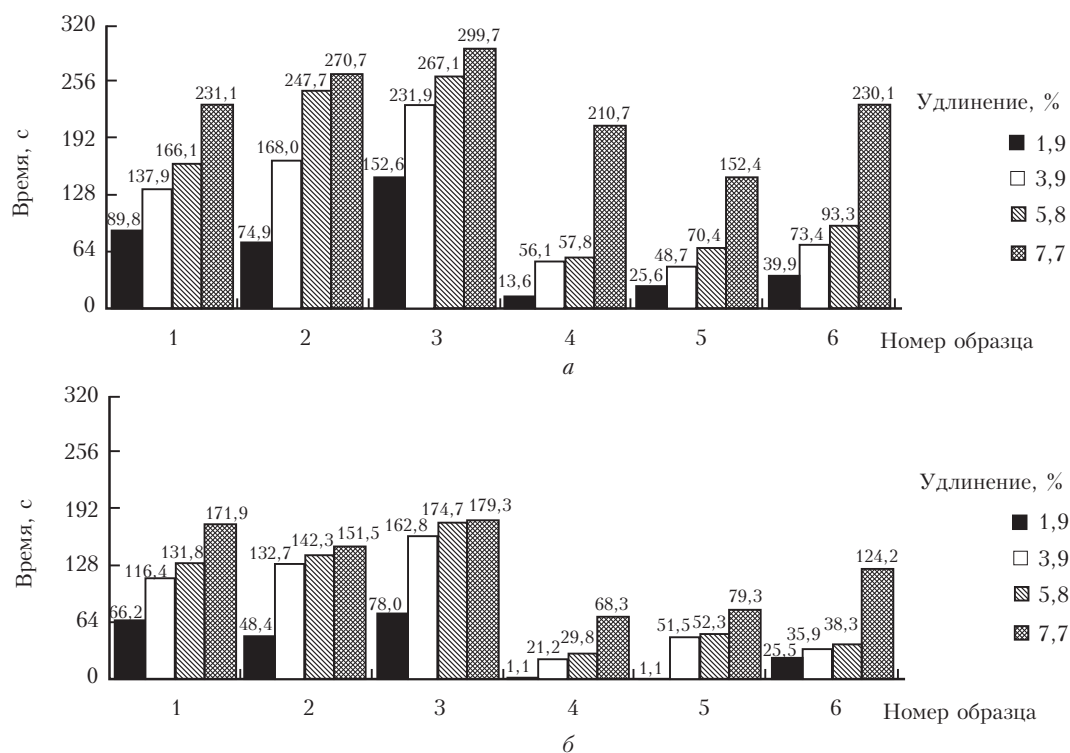


Рис. 8. Время релаксации тканей при различном удлинении при деформации по основе и утку во влажном состоянии: *а* — основа; *б* — уток

Закономерности увеличения времени релаксации усилия от величины растяжения для всех исследуемых тканей, полученные с помощью пакета программы Origin 2017, описываются уравнением\*

$$t = b_0 + b_1 \cdot x + b_{11} \cdot x^2,$$

где  $t$  — время релаксации усилия ткани по основе (утку), с;  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_{11}$  — коэффициенты уравнения;  $x$  — растяжение ткани по основе (утку), %.

Для изучения влияния температуры воздуха на протекание процесса релаксации усилия в условиях двухосного растяжения, по окончании релаксации при нормальной температуре воздуха (18–22 °С), ткани подвергались нагреву потоком горячего воздуха (180 °С).

В табл. 3 и на рис. 9, 10 представлены результаты исследования релаксации усилий после растяжения на 7,7 % по основе и утку увлажненных тканей при воздействии горячего воздуха.

Из данных табл. 3 и рис. 9, 10 видно, что у всех исследуемых тканей релаксация усилий при воздействии горячего воздуха протекает интенсивнее, чем при нормальной температуре воздуха. Падение величины усилия в процессе релаксации при воздействии горячего воздуха для всех тканей находится в следующих пределах — по основе 80,2–89,0 %, по утку 74,2–88,9 % (см. табл. 3), в то время как при нормальной температуре воздуха — по основе 8,6–21,6 %, по утку 5,9–13,7 % (см. табл. 2). При этом у тканей, содержащих в своем составе лайкру, величина падения усилия в процессе релаксации

\*Исакова, О. П. Обработка и визуализация данных физических экспериментов с помощью пакета Origin. Анализ и обработка спектров : учеб.-метод. пособие / О. П. Исакова, Ю. Ю. Тарасевич, Ю. И. Юзюк. — Ростов н/Д : Юж. федерал. ун-т, 2007. — 76 с.

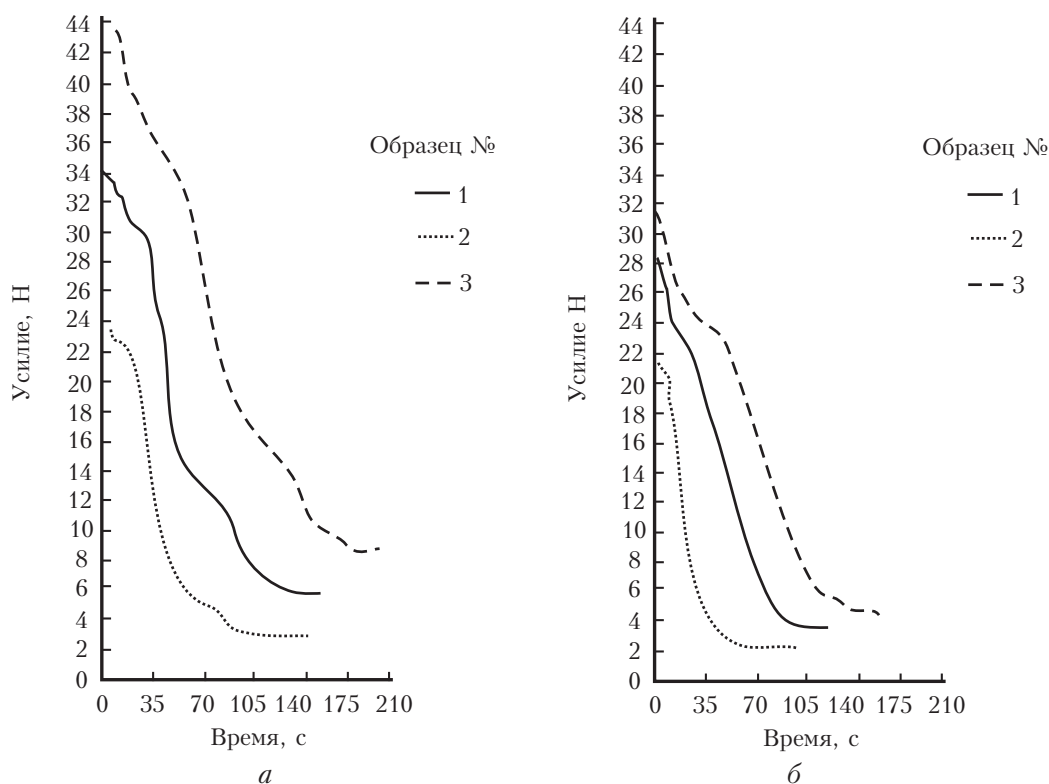


по основе больше (83,9–89,0 %), чем у тканей без лайкры (80,2–87,5 %), а по утку наоборот меньше 74,2–80,5 % против 84,2–88,9 %.

**Таблица 3. Сравнительные характеристики образцов при релаксации тканей по основе и утку при полном влагонасыщении под воздействием горячего воздуха**

Номер образца	Характеристики при релаксации			
	Падение усилия в процессе релаксации, %		Продолжительность релаксации, с	
	основа	уток	основа	уток
1.	82,5	87,7	160,4	128,5
2.	87,5	88,9	151,0	97,4
3.	80,2	84,2	206,0	166,8
4.	89,0	80,5	114,3	157,2
5.	86,8	77,5	134,8	160,9
6.	83,9	74,2	149,9	163,6

Продолжительность протекания релаксации под воздействием горячего воздуха и при нормальной температуре существенно различается в направлении основы и утка, а также для тканей, содержащих лайкру и без нее. Из гистограммы на рис. 11 видно, что при воздействии горячего воздуха продолжительность релаксации по основе (151,0–206 с) больше, чем по утку, (97,4–166,8 с) только у тканей, не содержащих лайкру (1, 2, 3). У тканей с лайкрой (4, 5, 6) наоборот продолжительность релаксации по утку (157,2–163,6 с) больше, чем по основе (114,3–149,9 с).



**Рис. 9.** Релаксация усилий после растяжения на 7,7 % по основе и утку увлажненных тканей 1, 2, 3, не содержащих лайкру, под воздействием сухого горячего воздуха: *а* — по основе; *б* — по утку



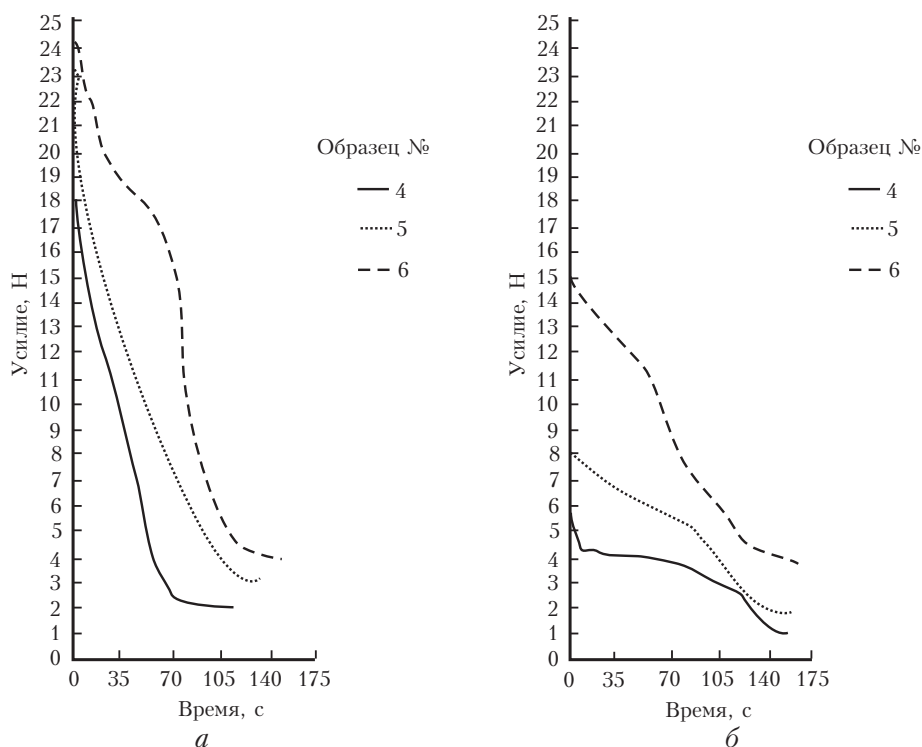


Рис. 10. Релаксация усилий после растяжения на 7,7 % по основе и утку увлажненных тканей 4, 5, 6, содержащих лайкру, под воздействием сухого горячего воздуха: а — по основе; б — по утку

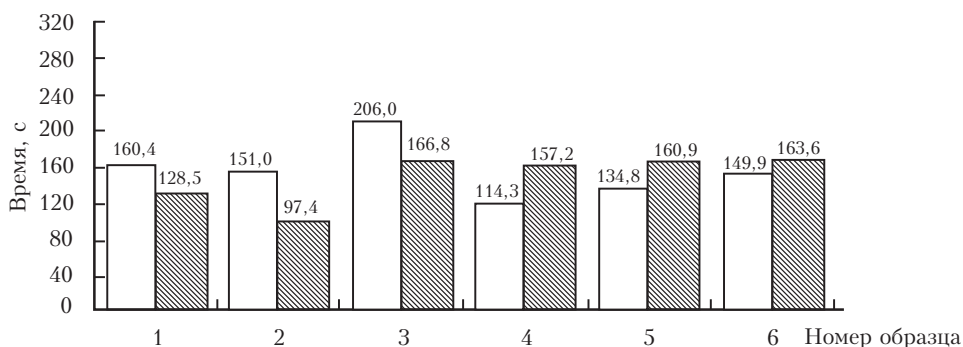


Рис. 11. Значения времени релаксации тканей при деформации по основе и утку в мокром виде при воздействии сухого горячего воздуха: □ основа; ▨ уток

Сравнивая гистограммы на рис. 8 и 11 (при деформировании на 7,7 %), видно, что продолжительность релаксации по основе у всех тканей при воздействии горячего воздуха меньше (114,3–206,0 с), чем при нормальной температуре (152,4–299,4 с). Продолжительность релаксации по утку у тканей, не содержащих лайкру (1, 2, 3), под воздействием горячего воздуха также меньше (97,4–166,8 с), чем при нормальной температуре (151,5–179,3 с), а у тканей, содержащих лайкру (4, 5, 6), наоборот больше — 157,2–163,6 с против 68,3–124,2 с.

**Выводы.** Проведенное исследование показало, что процесс релаксации усилия после двухосного деформирования тканей зависит от величины деформирования, волокнистого состава тканей, их состояния (сухое или влагонасыщенное) и температуры, при которой проходит релаксация. Имеются существенные различия в условиях протекания процесса релаксации.

Установлено, что усилия, возникающие при двухосном деформировании тканей на одинаковую величину, значительно больше по основе, чем по утку,

причем как в сухом, так и влажном состояниях тканей. Усилия при различных величинах двухосного деформирования тканей в сухом состоянии выше, чем при полном влагонасыщении, как по основе, так и по утку.

Величины падения усилия в процессе релаксации при двухосном деформировании больше у тканей при полном влагонасыщении, чем в сухом состоянии. При этом падение усилий при релаксации по основе больше у тканей без лайкры (1, 2, 3), чем у тканей с лайкрой (4, 5, 6), как в сухом состоянии, так и при полном влагонасыщении.

Установлено, что продолжительность релаксации усилий после прекращения деформирования по основе больше, чем по утку у всех тканей, как в сухом, так и в увлажненном состояниях. Продолжительность релаксации по основе и по утку у тканей с лайкрой значительно меньше, чем у тканей без лайкры, как в сухом, так и в увлажненном состояниях. У тканей, не содержащих лайкры (1, 2, 3), в увлажненном состоянии продолжительность релаксации больше, чем в сухом, как по основе, так и по утку, а ткани с лайкрой (4, 5, 6) наоборот во влажном состоянии релаксируют быстрее, чем в сухом.

Выявлено, что при воздействии горячего воздуха процесс релаксации усилий у всех исследуемых тканей протекает интенсивнее, чем при нормальной температуре воздуха. При этом у тканей, содержащих в своем составе лайкру, величина падения усилия в процессе релаксации по основе больше, чем у тканей без лайкры, а по утку наоборот меньше.

Продолжительность протекания релаксации по основе под воздействием горячего воздуха меньше, чем при нормальной температуре. Продолжительность релаксации по утку существенно различается: у тканей, не содержащих лайкру, она также меньше, а у тканей, содержащих лайкру, наоборот больше.

---

**VICTOR SADOVSKI,  
TATSIANA HAPONAVA,  
LILIYA BRATCHENIA**

---

**RESEARCH OF STRESS RELAXATION  
IN HALF-WOOLEN WORSTED FABRICS  
UNDER BIAXIAL TENSION**

---

**Authors affiliation.** *Victor SADOVSKI (sadvski\_v@bseu), Belarus State Economic University (Minsk, Belarus); Tatsiana HAPONAVA (tanushkin93@gmail.com), Belarus State Economic University (Minsk, Belarus); Liliya BRATCHENIA (lili202@mail.ru), OJSC «Kamvol» (Minsk, Belarus).*

**Abstract.** For research purposes, a device was developed that allows creating different variants of biaxial plane deformation of a fabric, in particular, when exposed to temperature. The research showed that the process of stress relaxation after biaxial deformation of fabrics depends on the amount of deformation, the fibrous composition of fabrics, their state (dry or water-saturated) and temperature.

**Keywords:** worsted fabric; biaxial stretching; relaxation processes.

**UDC** 677.017.462

---

*Статья поступила  
в редакцию 12.02. 2020 г.*