

УДК 677.025

DOI 10.47367/0021-3497_2021_1_89

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ НАГРУЗОК
НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН**

**THE RESEARCH OF THE INFLUENCE OF DEFORMATION LOADS
PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF KNITTED FABRICS**

Е.Б. ХАБАРОВА, О.П. ФОМИНА, В.А. ЗАВАРУЕВ

E.B. KHABAROVA, O.P. FOMINA, V.A. ZAVARUEV

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: alena.khabarova@gmail.com

Проведен анализ физико-механических свойств серии образцов кулирного трикотажа традиционных переплетений гладь, ластик 1x1, фанг, полуфанг и спроектированных комбинированных переплетений.

The article describes an analysis of physic-mechanical properties of series of designed combined weaves knitted samples and a few traditional weaves smooth surfaces.

Ключевые слова: кулирный трикотаж, серия образцов, трикотажные протяжки, футерная нить, физико-механические свойства образцов трикотажа, толщина образцов трикотажа при различном давлении.

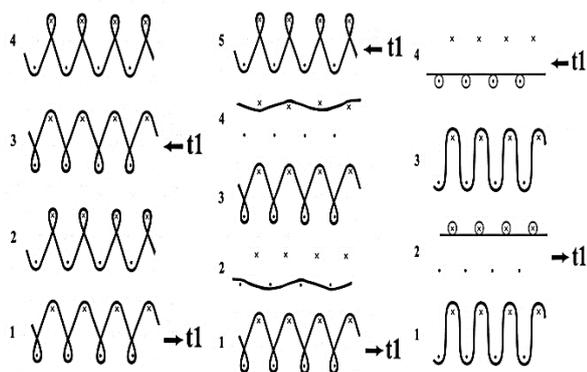
Keywords: stockinette knitted fabrics, series of samples, additional feed lines, footer thread, the knitted samples physical and mechanical properties, an uniaxial stretching, the thickness of the knitted samples at different pressures.

Трикотажное полотно является сложной пространственной структурой, где базовые элементы – петли и протяжки – работают как единая система распределения внешней нагрузки, причем степень нагружения отдельных элементов и участков нити зависит от вектора приложения нагрузки и может меняться в широких пределах. Так как нити в структуре трикотажа имеют сложное пространственное расположение, то при приложении нагрузки в различных

направлениях работают разные участки петельной структуры [1].

В последнее время в техническом трикотаже используются двухслойные структуры, в которых протяжки, соединяющие петельные слои, играют роль распорок. Достоинством таких структур является способность соединительных элементов (распорок) сопротивляться продольному сжатию и изгибу, что обеспечивает устойчивость полотна в условиях эксплуатации.

Большинство таких структур образовано на базе двойных основовязанных переплетений [2]. Основным недостатком основовязанных полотен, в отличие от кулирных, является невозможность вывязывания деталей трикотажного изделия по заданному контуру. Преимущество кулирных переплетений – это изготовление деталей по заданной форме без обрезных краев, потому разработка двухслойных кулирных трикотажных структур типа распорок представляется актуальной. Подобные структуры характерны для трикотажа перекрестных переплетений, в котором, в результате выполнения сдвигов игольниц, петельные столбики соседних петельных слоев располагаются друг против друга, а отдельные протяжки, соединяющие эти петельные столбики, направлены перпендикулярно к петельным слоям трикотажа.



а) б) в)
Рис. 1

В строительной механике используется модель конструкции строительной плоской фермы, состоящая из двух параллельных поясов, соединенных группой стержней (распорок), расположенных как перпендикулярно, так и под углом 45° к плоскостям этих поясов, которая обладает максимальными физико-механическими показателями прочности и сопротивляемости к нагрузкам [3]. Можно предположить, что использование данного принципа в петельной структуре трикотажа может позволить улучшить физико-механические свойства трикотажного полотна. Для исследования этого предположения были теоретически разработаны несколько видов структур двойного кулирного трикотажа с дополни-

тельными протяжкам, соединяющими противоположные петельные слои аналогично расположению группы стержней строительной фермы.

На рис. 1 показана графическая запись двойного трикотажа перекрестных комбинированных переплетений: на базе фанга – а) №1 и б) №2; на базе трубочатой глади – в) №3.

– Комбинированное переплетение №1. Трикотаж перекрестных переплетений на базе фанга, с ритмом чередования направлений сдвига на один игольный шаг после вывязывания каждого полного петельного ряда раппорта переплетения (рис. 1-а).

– Комбинированное переплетение №2. Трикотаж перекрестных переплетений на базе фанга, с ритмом чередования направлений сдвига на один игольный шаг после вывязывания каждого полного петельного ряда раппорта переплетения, с дополнительным прокладыванием футерных нитей в отдельных петельных слоях трикотажа (рис. 1-б).

– Комбинированное переплетение №3 [4]. Трикотаж перекрестных переплетений на базе трубочатой глади, в котором петельные слои соединены протяжками футерной нити, с ритмом чередования направлений сдвига на один игольный шаг после вывязывания каждого полного петельного ряда раппорта переплетения (рис. 1-в).

Для сравнительной оценки физико-механических свойств двойных кулирных переплетений была выработана серия образцов традиционных кулирных переплетений гладь, ластик 1x1, фанг и полуфанг и комбинированных переплетений №1, №2 и №3 с протяжками типа распорок.

Сопротивление трикотажного полотна внешним нагрузкам зависит от условий деформирования, а также от структуры полотна [5]. Важным показателем механических свойств текстильных полотен, определяющим их целостность, является прочность при растяжении, когда петли трикотажного полотна изменяют геометрические параметры под действием приложенных сил, что приводит к раздвижке петельных столбиков. Для оценки степени деформации структуры выработанных образцов ку-

лирных переплетений были проведены испытания по определению характера изменения параметров трикотажа при одноосном растяжении вдоль петельных рядов. Определение растяжимости образцов трикотажных полотен при нагрузках меньше

разрывных проводилось на разрывной машине РТ-250М1 по стандартным методикам [6], [7], [8]. Результаты испытаний приведены в табл. 1 (изменение параметров структуры трикотажа при одноосном растяжении).

Т а б л и ц а 1

Давление Р, кПа	Удлинение образца переплетения трикотажа b, мм						
	гладь	ластик 1x1	фанг	полуфанг	№1	№2	№3
0	100	100	100	100	100	100	100
100	110	140	124	120	118	111	107,5
200	125	148,5	128	140	125	120	110
300	129	158	137	145	135	125	115
400	140	165	144	149	136	130	120
500	142	166	146	151	139	142	130
600	144	170	151	155	157	144	132,5
700	146	173	155	156	157	145	135
800	146	174	156	156	160	146	135
900	147	175	159	157	160	150	135
1000	147	177	160	158	163	152	135

На рис. 2 показано изменение параметров трикотажа при растяжении: а) график; б) диаграмма относительного удлинения образцов трикотажа при растягивающей нагрузке Р = 1000 Па.

На графике (рис. 2-а) можно увидеть, что значение ΔL переплетения ластик 1x1 непрерывно менялось в диапазоне нагрузок Р = 100 ... 1000 Па. Достаточно однородную картину растяжимости показала

группа переплетений – гладь, фанг, полуфанг и разработанные переплетения №1 и №2. Параметр L данных переплетений при нагрузках Р = 0 ... 600 Па показал похожую динамику, а при Р ≥ 600 Па сходную картину постепенной стабилизации деформации. Показатели ΔL переплетения №3 на базе трубчатой глади наиболее стабильны уже при нагрузке Р ≥ 400 Па, а при Р ≥ 600 Па параметр L практически не изменяется.

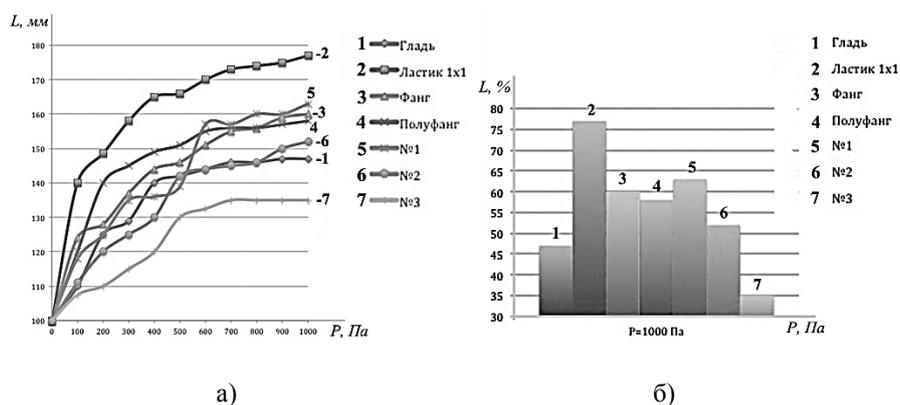


Рис. 2

Для наглядного сравнения степени деформации петельной структуры образцов удобно представить степень растяжимости в процентном соотношении к начальному состоянию трикотажа. На основании полученных данных рассчитаны значения отно-

сительной растяжимости $L_{отн}$, определяемой по формуле:

$$L_{отн}(P) = \frac{L(P)}{L(P_0)} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $L(P)$ – значение растяжения при текущей нагрузке; $L(P_0)$ – значение растяжения при нулевой нагрузке. Полученный массив данных интерпретируется в диаграмму сравнительных показателей относительной растяжимости образцов при одноосном растяжении до $P_{\max} = 1000$ Па (рис. 2-б).

На диаграмме относительного удлинения образцов (рис. 2-б) параметр L ластика 1×1 в процентном отношении к начальной длине L_0 имеет наибольшее значение (рис. 2-б, столбик 2). Диаграмма на рис. 2-б наглядно демонстрирует незначительное растяжение переплетения №3 на базе трубчатой глади. Механические свойства переплетения №3 можно объяснить наличием в петельной структуре трикотажа протяжек в

виде соединительных «распорок», расположенных под углом 45 и 90° между слоями трикотажа. Такие протяжки-распорки способны работать в переплетении как гибкие стержни [2], а проведенные испытания демонстрируют возможность «распорок» оказывать сопротивление деформированию петель при продольном растяжении полотна. Как видно из графика (рис. 2-а), переплетение №3 показало наибольшую начальную сопротивляемость растяжению при малых значениях нагрузки и быстрый переход в равновесное состояние при дальнейшем нагружении до $P \leq 1000$ Па.

В табл. 2 показано изменение толщины трикотажа при сдавливающих нагрузках.

Т а б л и ц а 2

Давление P , кПа	Толщина образца переплетения трикотажа b , мм						
	гладь	ластик 1×1	фанг	полуфанг	№1	№2	№3
0	1,8	3,2	3,8	3,9	4,8	4,8	4,8
100	1,2	2,4	2,2	3	3,6	4,3	4
200	1	2	1,7	2,4	2,6	2,9	3,2
300	0,9	1,5	1,6	2,2	1,9	2,8	3
400	0,8	1,4	1,3	2,2	1,7	2,2	2,6
500	0,8	1,3	1	1,6	1,5	2,1	2,6
600	0,7	1,1	0,8	1,4	1,3	2	2,5
700	0,7	1,1	0,7	1,4	1,3	1,9	2,5
800	0,7	1,1	0,7	1,3	1,2	1,9	2,4
900	0,6	1,1	0,7	1,2	1,1	1,8	2,3
1000	0,6	1	0,6	1,2	1,1	1,7	2,3
Относительная деформация сжатия ϵ	0,8	2,2	2,8	2,9	3,8	3,8	3,8

Толщина трикотажных полотен влияет на теплоизолирующие свойства, проницаемость, жесткость, драпируемость и др. Этот показатель необходимо учитывать при конструировании изделий, технологии их производства, проектировании готовой продукции с определенными свойствами. Изменение структуры трикотажа при приложении к ним некоторых усилий происходит за счет изменений конфигурации петель. Трикотаж имеет подвижную петельную структуру и деформируется в результате действия нагрузок, значительно меньше разрывных. Это обусловлено строением трикотажного материала, объем которого составляют нити, сформированные волокнами, воздушные промежутки между нитями, волокнами и петлями полотна. Если

трикотаж подвергается действию сил, направленных перпендикулярно или под малыми углами к их длине, то возникающие в них деформации называют сжатием [5]. Трикотажное полотно легко поддается сжатию, поэтому целесообразно определять его толщину при разных давлениях. Измерение толщины образцов трикотажа проводилось по стандартным методикам на толщиномере эластичных материалов ТН-10 [9]. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

В процессе сдавливания уменьшается толщина полотна и его плотность. Средняя плотность трикотажа изменяется пропорционально относительной деформации сжатия ϵ , которую рассчитывают по формуле:

$$\varepsilon = \frac{(h_0 - h_K)}{h_0}, \quad (2)$$

где h_0 – начальная толщина трикотажа; h_K – толщина трикотажа в сжатом состоянии [5]. Относительная деформация – это отношение абсолютной деформации к исходному размеру образца, и значение коэффи-

циента ε , применительно к трикотажу, является показателем материалоемкости (табл. 2).

Зависимость толщины трикотажа от давления была определена путем построения графика $b = f(x)$ по экспериментальным точкам (рис.4-а).

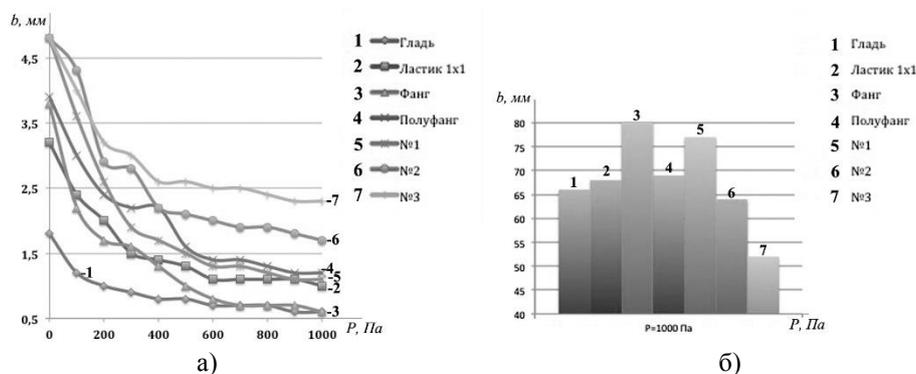


Рис. 3

На рис. 3 представлено изменение параметров трикотажа при сдвливающих нагрузках: а) график; б) диаграмма относительного изменения толщины трикотажа при нагрузке $P = 1000$ Па.

При сжатии трикотажа происходит не только деформация исходных материалов, но их конформация в новых условиях. График $b = f(x)$ отражает заметное изменение толщины всех образцов переплетений при нагрузке $P = 0 \dots 400$ Па (рис. 3-а). Интенсивность изменения конечного параметра b образцов трикотажа при приложении сдвливающих нагрузок наиболее наглядно представлена на диаграмме относительного изменения толщины, выраженном в процентах к начальной длине образца b_0 (рис. 3-б).

Трикотаж имеет пространственное строение, сформированное волокнами и нитями, остальную часть объема занимает воздух. Поэтому наибольшей деформации подвержены структуры с преобладанием воздушной объемной части. К таким структурам относятся образцы переплетений

фанг и №1 на базе фанга (рис. 3-б, столбики 3, 5). Значение Δb переплетения №3 на базе трубчатой глади наименьшее для испытанных образцов (рис. 3-б, столбик 7). Механику работы переплетения №3 можно объяснить наличием в его петельной структуре протяжек в виде соединительных «распорок», расположенных под углом 45° и 90° к внешним слоям трикотажа. При восприятии нагрузки, перпендикулярно направленной к длине полотна, протяжки-распорки сработали в переплетении как упругие гибкие стержни [2]. Проведенные испытания демонстрируют возможность таких «распорок» оказывать сопротивление деформированию петель при сдвливающих нагрузках.

В сравнительной табл. 3 показано наличие протяжек, расположенных под разными углами к внешним петельным слоям, в структуре переплетений испытанных образцов. Переплетение №3 отличается наличием двух видов протяжек – под углом и 45° и 90° между слоями трикотажа.

Т а б л и ц а 3

Угол направления протяжки	Гладь	Ластик 1x1	Фанг	Полуфанг	Комбинированные переплетения		
					№1	№2	№2
45°	–	+	+	+	+	+	+
90°	–	–	–	–	–	–	+
$>90^\circ$	–	–	–	–	+	+	–

ВЫВОДЫ

1. Проведенные испытания на одноосное растяжение и плоскостное нагружение образцов трикотажа кулирных переплетений показали, что наличие в структуре двойного трикотажа соединительных элементов «распорок», расположенных под углом 45 и 90° между слоями трикотажа и соединяющих петельные слои, оказывает значительное влияние на физико-механические свойства полотна его сопротивляемость нагрузкам.

2. Соединительные «распорки» работают в структуре трикотажа как «упругие стержни» и повышают устойчивость трикотажного материала растягивающим и сдавливающим нагрузкам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матренин С.В., Овечкин Б.Б. Композиционные материалы и покрытия на полимерной основе. – Томск, 2008.

2. Башков А.П., Башкова Г.В., Алешина Д.А., Румянцова О.С. Анализ механических свойств двухслойных трикотажных полотен с соединительными элементами из индивидуальных нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №1. С. 111.

3. Шакирзянов Р.А., Шакирзянов Ф.Р. Курс лекций по строительной механике / 2-е изд., перераб. и доп. – Казань: КГАСУ, 2014.

4. Фомина О.П., Хабарова Е.Б., Заваруев В.А. Разработка структур и технологии выработки армирующих трикотажных полотен // Симпозиум МНТФ Косыгин-2017. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2017.

5. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение (текстильные полотна и изделия). – М.: Легпромбытиздат, 1992.

6. ГОСТ 8844–75. Полотна трикотажные. Правила приемки и метод отбора образцов. – М.: Стандартинформ, 1984.

7. ГОСТ 8847–85. Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных. – М.: Стандартинформ, 1986.

8. ГОСТ 12023–2003. Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения толщины. – М.: Стандартинформ, 2005.

9. ГОСТ 11358–89. Толщиномеры и стенкоммеры индикаторные с ценой деления 0,01 и 0,1 мм. – М.: Стандартинформ, 2005.

REFERENCES

1. Matrenin S.V., Ovechkin B.B. Kompozitsionnye materialy i pokrytiya na polimernoy osnove. – Tomsk, 2008.

2. Bashkov A.P., Bashkova G.V., Aleshina D.A., Rumyantseva O.S. Analiz mekhanicheskikh svoystv dvukhsloynnykh trikotazhnykh poloten s soedinitel'nymi elementami iz individual'nykh nitey // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №1. S. 111.

3. Shakirzyanov R.A., Shakirzyanov F.R. Kurs lektsii po stroitel'noy mekhanike / 2-e izd., pere-rab. i dop. – Kazan': KGASU, 2014.

4. Fomina O.P., Khabarova E.B., Zavaruev V.A. Razrabotka struktur i tekhnologii vyrabotki armiruyushchikh trikotazhnykh poloten // Simpozium MNTF Kosygin-2017. – M.: RGU imeni A.N. Kosy-gina, 2017.

5. Kukin G.N., Solov'ev A.N., Koblyakov A.I. Tekstil'noe materialovedenie (tekstil'nye polotna i izdeliya). – M.: Legprombytizdat, 1992.

6. GOST 8844–75. Polotna trikotazhnye. Pravila priemki i metod otbora obraztsov. – M.: Standartinform, 1984.

7. GOST 8847–85. Polotna trikotazhnye. Metody opredeleniya razryvnykh kharakteristik i rastyazhimosti pri nagruzkakh, men'she razryvnykh. – M.: Standartinform, 1986.

8. GOST 12023–2003. Materialy tekstil'nye i izdeliya iz nikh. Metod opredeleniya tolshchiny. – M.: Standartinform, 2005.

9. GOST 11358–89. Tolshchinomery i stenkomyery indikatornye s tsenoy deleniya 0,01 i 0,1 mm. – M.: Standartinform, 2005.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий. Поступила 10.03.20.