

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАПРАВОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛАСТОМЕРНОГО ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА

*Н.Л. Надёжная*

Основная характеристика кроеных компрессионных трикотажных изделий типа рукав – давление, оказываемое на тело, – в наибольшей степени зависит от свойств эластомерного трикотажного полотна. Свойства трикотажного полотна определяются заправочными характеристиками. Разработка заправочных характеристик включает: выбор вида и линейной плотности сырья, выбор вида грунтового переплетения и способа провязывания эластомерной нити, установление заправочных параметров петельной структуры полотна.

Объектом исследования было выбрано эластомерное трикотажное полотно, в структуре которого грунтовая нить образует переплетение ластик 1+1, а эластомерная нить ввязывается в одну сторону трикотажа (в лицевую). В качестве грунта использовалась хлопчатобумажная пряжа линейной плотности 16,5 текс, а в качестве эластомерного компонента – нить спандекс линейной плотности 8 текс. Свойства эластомерного трикотажного полотна в значительной степени зависят от заправочных параметров петельной структуры полотна: длины нити в петле грунта и длины нити эластомерного компонента, приходящейся на одну петлю грунта. Была поставлена задача исследовать свойства полотна в зависимости от заправочных параметров петельной структуры и определить оптимальные значения этих параметров.

Поставленную задачу решали с использованием D-оптимального плана второго порядка, который предполагает варьирование факторов на трех уровнях (таблица 1). При выборе уровней варьирования факторов учитывалось, что рекомендуемый линейный модуль петли грунта для бельевых полотен ластичного переплетения 21÷23 [1]. Исходя из модуля петли определялась заправочная длина нити в петле грунта. Выбор длины нити эластомерного компонента, приходящейся на одну петлю грунта, произведен на основе предварительного эксперимента из условий обеспечения устойчивого протекания процесса вязания полотна.

Таблица 1 – Уровни варьирования факторов

Наименование фактора	Условное обозначение	Уровни варьирования			Интервал варьирования
		-1	0	+1	
Длина нити в петле грунта, мм	$x_1$	3	3,5	4	0,5
Длина нити эластомерного компонента, приходящаяся на одну петлю грунта, мм	$x_2$	0,5	0,55	0,6	0,05

Для выявления оптимальных заправочных параметров петельной структуры полотна было принято решение исследовать показатели, которые наиболее важны для изготовления и эксплуатации готовых изделий: толщина, растяжимость и остаточная деформация по ширине, поверхностная плотность.

Толщина полотна является достаточно важным показателем для компрессионных изделий. Чем меньше толщина полотна, тем более удобным при носке и менее заметным будет изделие. Однако основная задача компрессионных изделий – оказывать определенное медицинскими требованиями давление на тело, поэтому компрессионный трикотаж не может быть очень тонким. Толщина трикотажных полотен определялась в соответствии с ГОСТ 12023 – 93 [2]. Измерения проводились текстильным толщиномером в 10 точках. За показание толщины полотна принималось среднее арифметическое результатов 10 измерений.

Растяжимость полотна по ширине является самым главным показателем, определяющим его компрессионные свойства, т.к. изделие будет оказывать давление на тело только при условии определенного растяжения от первоначальной ширины. Растяжимость полотна по ширине определялась по методике, изложенной в ГОСТ 8847 – 85 [3]: было подготовлено по 5 образцов размером 50 x 220 мм в направлении петельных рядов. Каждый образец сшивался в кольцо, периметр которого равен 200 мм. Образец надевался на лапки прибора ПР-2 так, чтобы шов был на верхней лапке прибора. Испытания проводились при скорости движения нижнего рычага прибора (400±20) мм/мин.

При выборе нагрузок для исследований растяжимости в ширину полотна принималось во внимание следующее. В соответствии с ГОСТ 8847 – 85 для определения растяжимости бельевых трикотажных полотен бытового назначения рекомендуемая величина нагрузки – 600 сН. Согласно ГОСТ 19712 – 89 [4], для определения растяжимости по ширине борта чулочно-носочных изделий, содержащего эластомерную нить, рекомендуемая нагрузка составляет 3000 сН. Однако для проведения исследований было принято решение не ограничиваться стандартными величинами нагрузок, поскольку они могут не полностью отражать специфические свойства эластомерного трикотажного полотна, предназначенного для компрессионных изделий. В связи с этим был произведен расчет эксплуатационных нагрузок компрессионных изделий. Для вычисления значений нагрузок использовались требования и методика расчета, приведенные в международном стандарте на медицинские компрессионные рукава RAL-GZ 387/2 [5]. Согласно стандарту, минимальное давление в области плеча – 2 кПа, максимальное в области запястья – 6,1 кПа. Связь между нагрузкой и давлением выражается следующей формулой:

$$P_i = 20\pi \frac{F_i}{U_i}, \quad (1)$$

где  $P_i$  – давление, оказываемое изделием в заданной точке  $i$ , кПа;

$F_i$  – сила натяжения полотна в точке  $i$ , Н/см;

$U_i$  – обхват тела в точке  $i$ , см.

Максимальную расчетную эксплуатационную нагрузку полотно будет испытывать при оказании рукавом максимального давления на максимальный из размерного ряда обхват запястья, а минимальную – при оказании минимального давления на минимальный обхват плеча из размерного ряда. По меркам, снятым с пациентов, определялись минимальный обхват плеча – 31,7 см, максимальный обхват запястья – 25 см. Подставив в формулу (1) значения обхватов и соответствующие им величины давления, определяем приблизительно расчетный диапазон эксплуатационных нагрузок: от 1000 сН до 2400 сН. Поскольку компрессионные изделия выбираются с учетом индивидуальных размерных признаков пациента, которые вследствие отеков могут существенно отличаться от принятых, полотно может испытывать нагрузки, отличные от расчетных. Результаты расчетов на данном этапе работы показывают примерный диапазон эксплуатационных нагрузок полотна.

Для исследований были выбраны следующие величины нагрузок: 600 сН (рекомендуемая по ГОСТ 8847 – 85); 1200 сН и 1800 сН (соответствуют диапазону расчетных эксплуатационных нагрузок полотна в изделии) и при максимальной нагрузке 3000 сН, регламентируемой ГОСТ 19712 – 89. При этих же нагрузках проводилось определение остаточной деформации. Для определения остаточной деформации полотна растянутую элементарную пробу оставляли на лапках прибора на 10 мин. Затем снимали элементарную пробу с лапок, укладывали на гладкую горизонтальную поверхность, по истечении 30 мин замеряли ее длину.

Поверхностная плотность полотна является основным показателем, характеризующим материалоемкость. Фактическая поверхностная плотность определялась по ГОСТ 8845 – 87 [6]: было подготовлено по три элементарные пробы полотна каждого вида размером 200 x 200 мм. Все отобранные элементарные пробы были взвешены вместе. Поверхностная плотность определялась как отношение массы элементарных проб к их суммарной площади.

План и результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 2.

Обработка статистических данных проводилась с использованием пакета программ Statistica for Windows.

Таблица 2 – План и результаты экспериментальных исследований

№ п/п	Входные параметры				Выходные параметры										
	Натуральные значения		Кодированные значения		Толщина S, мм	Растяжимость при нагрузке 600 сН $L_{600}$ , %	Остаточная деформация при нагрузке 600 сН $O_{600}$ , %	Растяжимость при нагрузке 1200 сН $L_{1200}$ , %	Остаточная деформация при нагрузке 1200 сН $O_{1200}$ , %	Растяжимость при нагрузке 1800 сН $L_{1800}$ , %	Остаточная деформация при нагрузке 1800 сН $O_{1800}$ , %	Растяжимость при нагрузке 3000 сН $L_{3000}$ , %	Остаточная деформация при нагрузке 3000 сН $O_{3000}$ , %	Поверхностная плотность полотна, $POV P$ , г/м <sup>2</sup>	
	Длина нити в петле грунта, мм	Длина нити эластомерного компонента, приходящаяся на одну петлю грунта, мм	$x_1$	$x_2$											
1	4	0,6	1	1	1,87	22	1	63	4	218	30	416	70	669	
2	3	0,6	-1	1	1,5	21,5	0	61	2	105	7	322	50	641	
3	4	0,5	1	-1	1,83	21	1	59	2	182	23	356	70	698	
4	3	0,5	-1	-1	1,56	18,5	0	56	1	85,7	5	291	50	585	
5	4	0,55	1	0	1,83	21	1	64	3	207,7	26	388	85	688	
6	3	0,55	-1	0	1,48	21,5	0	60	1	94,3	9	290	50	619	
7	3,5	0,6	0	1	1,65	20	1	65	3	155,3	15	374	60	669	
8	3,5	0,5	0	-1	1,68	18	1	54	3	86,7	5	327	63	634	
9	3,5	0,55	0	0	1,64	23	1	69	4	203	28	395	80	656	

Для следующих показателей были получены регрессионные модели в кодированных значениях.

Для толщины полотна:

$$S = 1,65 + 0,165 \cdot x_1 + 0,025 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,032 \cdot x_2^2. \quad (2)$$

Для растяжимости полотна по ширине при нагрузке 1200 сН:

$$L_{1200} = 62 + 1,5 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 - 2,3 \cdot x_2^2. \quad (3)$$

Для растяжимости полотна по ширине при нагрузке 1800 сН:

$$L_{1800} = 160,3 + 53,6 \cdot x_1 + 16,4 \cdot x_2 - 17,3 \cdot x_2^2. \quad (4)$$

Для остаточной деформации полотна по ширине при нагрузке 1800 сН:

$$O_{1800} = 18 + 8,83 \cdot x_1 + 1,3 \cdot x_2 - 3,3 \cdot x_2^2. \quad (5)$$

Для растяжимости полотна по ширине при нагрузке 3000 сН:

$$L_{3000} = 360,3 + 42,83 \cdot x_1 + 21,3 \cdot x_2 - 16,5 \cdot x_1^2. \quad (6)$$

Для остаточной деформации полотна по ширине при нагрузке 3000 сН:

$$O_{3000} = 71,67 + 13,3 \cdot x_1 - 10,3 \cdot x_2^2. \quad (7)$$

Для поверхностной плотности полотна:

$$POV\_P = 651,08 + 35,027 \cdot x_1 + 10,22 \cdot x_2 - 21,497 \cdot x_1 \cdot x_2. \quad (8)$$

На основании результатов исследований и полученных регрессионных моделей сделаны следующие выводы.

1. С увеличением длины нити в петле грунта толщина полотна увеличивается. В петле грунта, имеющей большую длину, в большей мере проявляются упругие свойства нити. Протяжка, соединяющая лицевую петлю с изнаночной, распрямляется, что способствует увеличению толщины полотна.

2. При нагрузке 600 сН изменение заправочных характеристик в выбранном диапазоне практически не оказывает влияние на эти показатели. Разница между минимальным и максимальным значениями растяжимости при нагрузке 600 сН составляет 5%, а для остаточной деформации – 1%.

3. Для остаточной деформации при нагрузке 1200 сН также наблюдается слабая зависимость от заправочных характеристик. Разница между значениями остаточной деформации при различных значениях факторов не превышает 3%.

4. С увеличением длины нити в петле грунта и эластомерного компонента возрастает растяжимость полотна по ширине. Наблюдается схожий вид зависимостей растяжимости при нагрузке 1200 и 1800 сН.

5. При увеличении длины нити в петле грунта и эластомерного компонента возрастает величина остаточной деформации.

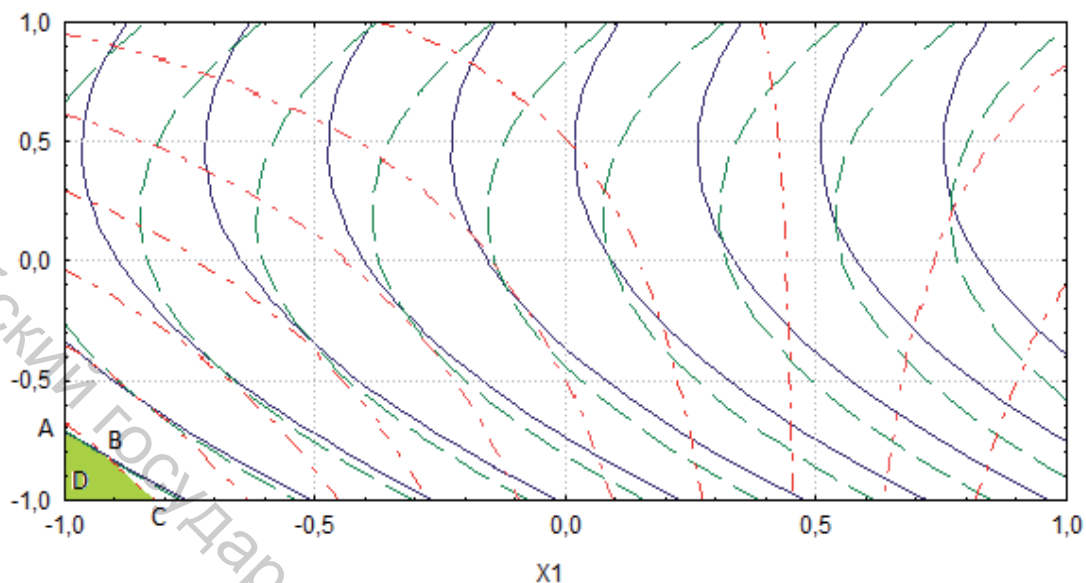
6. С увеличением длины нити в петле грунта и эластомерного компонента поверхностная плотность возрастает. Минимум поверхностной плотности полотна наблюдается при минимальных значениях факторов.

Для определения области оптимальных значений заправочных характеристик были построены совмещенные графики линий равного уровня поверхностной плотности, растяжимости и остаточной деформации по ширине при нагрузке 1800 сН. Выбранное значение нагрузки лежит примерно в середине диапазона расчетных эксплуатационных нагрузок. Выбор ограничений при оптимизации обусловлен требованиями к полотну. Полотно, имеющее наименьшую растяжимость при одной и той же нагрузке, обладает большей жесткостью, соответственно, пригодно для оказания большей величины давления. Остаточная деформация является негативным свойством полотна, поэтому ее значение должно быть минимальным. Поверхностная плотность характеризует материалоемкость полотна, соответственно, она должна быть меньше заданного значения.

На рисунке 1 представлен совмещенный график линий равного уровня качественных показателей эластомерного полотна.

В результате оптимизации установлено, что ограничения выполняются при сочетании значений входных факторов, которые ограничены областью ABCD и имеют следующие пределы:

- длина нити в петле грунта от 3 до 3,09 мм ( $x_1 = -1 \dots -0,82$ );
- длина нити эластомерного компонента, приходящаяся на одну петлю грунта, от 0,5 до 0,51 ( $x_2 = -1 \dots -0,75$ ).



- Растяжимость по ширине при нагрузке 1800 сН ( $\leq 85\%$ )
- - - Остаточная деформация по ширине при нагрузке 1800 сН ( $\leq 7\%$ )
- · - Поверхностная плотность ( $\leq 600 \text{ г/м}^2$ )

Рисунок 1 – Совмещённый график линий равного уровня показателей эластомерного полотна

## ВЫВОДЫ

Проведены исследования свойств полотна в зависимости от заправочных параметров петельной структуры полотна: длины нити в петле грунта и длины нити эластомерного компонента, приходящейся на одну петлю грунта. Получены регрессионные модели для толщины, поверхностной плотности, растяжимости и остаточной деформации полотна при различных нагрузках. Определены оптимальные значения заправочных параметров петельной структуры полотна.

## Список использованных источников

1. Шалов, И. И. Основы проектирования трикотажного производства с элементами САПР : учебник для вузов / И. И. Шалов, Л. А. Кудрявин. – Москва : Легпромбытиздат, 1989. – 288 с.
2. ГОСТ 12023–93. Материалы текстильные. Полотна. Метод определения толщины. – Взамен ГОСТ 12023–66 ; Введ.1995–10–20. – Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1996. – 9 с.
3. ГОСТ 8847–85. Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных. Введ. – 1985–11–28. – Москва : Издательство стандартов, 1986. – 12 с.
4. ГОСТ 19712–89. Изделия трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных. Введ. – 1989–08–24. – Москва : Издательство стандартов, 1989 – 14 с.

5. RAL-GZ 387/2. Medical Compression Armsleeves. Quality Assurance. – Edition January 2008. – Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung E. V., 2008 – 17 p.
6. ГОСТ 8845–87. Плотна и изделия трикотажные. Методы определения влажности, массы и поверхностной плотности. – Введ.1989–01–01. – Москва : Издательство стандартов, 1988. – 9 с.

*Статья поступила в редакцию 15.10.2010 г.*

#### SUMMARY

The article is devoted to the research of the most significant properties and optimization of parameters of stitch structure of elastomeric knitting fabric for medical compression armsleeves. The regression models of thickness, surface density, elasticity and residual extensibility in width in depending on the length of thread in a stitch of the base and the elastomeric component were obtained. The optimal values of insert parameters of stitch structure of the knitting fabric are determined.

УДК 677.025.001

### ОСОБЕННОСТИ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

**А.А. Науменко**

В соответствии с [1] технологическая система (ТС) – это совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей, предназначенная для выполнения в регламентированных условиях производства заданных процессов или операций в соответствии с требованиями нормативной документации. В многочисленных исследованиях, например, в [2], ТС рассматривается как оператор преобразования одного или нескольких исходных продуктов, как входных воздействий, в выходной продукт, рассматриваемый в качестве реакции системы.

Проведенные нами исследования показали, что существуют некоторые особенности причинно-следственных связей, влияющие неявным образом на реакции ТС [3]. Эти особенности представляются существенными в практическом отношении. Анализ их и посвящена данная работа. Рассмотрим вначале трактовки основных понятий, используемых при описании причинно-следственных связей в ТС.

Согласно [4], фактор – это причина, движущая сила какого-либо процесса, явления, определяющая его характер или отдельные черты. В рамках такого определения понятия "фактор" и "причина" неразличимы. Тем не менее, различия существуют, и имеет смысл выявить их на уровне определений, приведенных в других литературных источниках. Так, в [3] под причиной понимается явление, действие которого вызывает, определяет, производит или влечет за собой другое явление, которое называется следствием. В науке на нынешнем этапе причинно-следственные связи классифицируются по разным признакам. В частности, по числу и связности воздействий они делятся на простые, составные, однофакторные, многофакторные, системные и внесистемные [3]. Эта идея классификации не позволяет рассматривать понятия "фактор" и "причина" как семантически совпадающие. В общем случае причина шире, чем фактор. Более того, одновременное действие группы факторов может обусловить возникновение причины, не сводимой ни к одному из них. В качестве примера многофакторных причин можно сослаться на зависимость отходов при вязании штучных изделий  $Q$  от отходов, связанных с сырьем –  $Q_c$ , отходов, обусловленных техническим