

**Шеремет Т.В.**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПО ПЛОТНОСТИ И ВИДУ ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ ОГНЕТЕРМОСТОЙКИХ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ИЗ ВОЛОКНА «АРСЕЛОН» НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ДЕФОРМАЦИИ**

*Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, г. Минск*

Проведение исследований различных по плотности и виду переплетения огнестойких трикотажных полотен из волокна «Арселон» на устойчивость к деформации с целью определения необходимой структуры материала, которая будет обеспечивать при эксплуатации защитные свойства подшлемника пожарного.

*Ключевые слова:* тепловой поток, деформация полотна, огнестойкий трикотаж, подшлемник пожарного.

**Sheremet T.V.**

## **RESEARCH OF FLAME-RESISTANT KNITTED FABRICS FROM ARSELON FIBER OF DIFFERENT DENSITY AND TYPE OF WEAVING ACCORDING TO RESISTANCE TO DEFORMATION**

*The Establishment "Research Institute of Fire Safety and Emergencies" of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*

Conducting studies of flame-resistant knitted fabrics made from Arcelon fiber of different density and type of weaving according to resistance to deformation in order to determine the necessary structure of the material, which will ensure the protective properties of a firefighter balaclava during operation.

*Keywords:* heat flow, fabric deformation, flame-resistant knitwear, firefighter balaclava.

### **Введение**

Обеспечение безопасной работы пожарных-спасателей заключается в правильно подобранном комплекте защитной экипировки с заданными защитными свойствами.

Помимо защитных свойств, выбор материалов специальной защитной одежды должен учитывать их влияние на качество выполняемой работы, комфорт пользователя, гигиенические характеристики, срок службы, особенности эксплуатации, ухода и обслуживания, требования корпоративной идентификации и, наконец, стоимость. Выбор, основанный только на защитных свойствах или только на стоимости, может не найти одобрения у пользователя или даже привести к несчастному случаю.

В связи с этим необходимо комплексно подходить к вопросу разработки и исследованиям. Защитные свойства подшлемника пожарного напрямую зависят от эксплуатационных свойств как подтверждение выбора трикотажа в качестве основы материала.

В отличие от ткани трикотаж не сковывает движение, обладает высокой гибкостью/эластичностью, сохраняет нужную форму и размер, имеет высокие эргономические свойства, что играет важную роль и обеспечивает эффективную защиту и удобство использования подшлемника пожарным-спасателем.

Однако в случае с деятельностью пожарных-спасателей некоторые качества трикотажного полотна сказываются отрицательными моментами на защитные свойства подшлемника пожарного. Например, воздухопроницаемость (способность материалов пропускать воздух под влиянием перепада давления воздуха), которая является одним из важнейших параметров, так как определяет свойства конечного продукта, а в случае деятельности пожарного, где он подвергается высоким температурам, это скорее ослабляющий фактор.

Область практического применения исследований представляет собой возможность обоснования структуры (вида переплетения, плотности, толщины) огнетермостойкого трикотажного полотна для подшлемника пожарного либо в других средствах индивидуальной защиты (далее – СИЗ) на производствах с повышенными температурами.

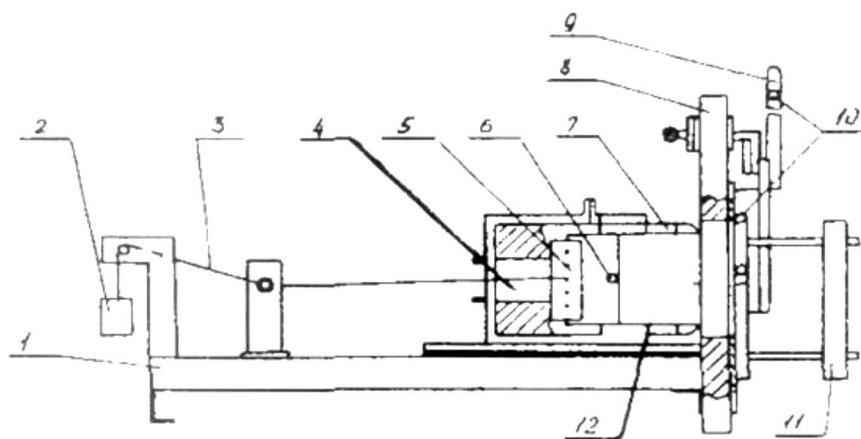
### **Основная часть**

В рамках исследований по теме диссертационной работы «Обоснование оптимальных технических решений производства подшлемника пожарного и определение требований по его защитным свойствам» наработаны опытные образцы трикотажных полотен из волокна «Арселон» различной плотности и видов переплетения.

Опытные образцы подвергались испытаниям по разработанной методике испытаний защитных свойств подшлемника пожарного [1]. Один из видов испытания на теплофизические свойства – устойчивость к воздействию теплового потока. Испытания проводились на установке по определению устойчивости к тепловому потоку (рисунок 1).

Опытный образец размером 220×70 мм закрепляли на рабочем участке установки с помощью зажимов и устройства натяжения. Поднимали заслонку и выдерживали образец под действием теплового потока установленной плотности в течение 240 с. Измеряли плотность теплового потока, прошедшего через испытуемый образец, и температуру на внутренней поверхности образца. За температуру на внутренней поверхности принимали среднеарифметическое значение показаний трех термопар.

Результаты испытаний изложены в таблице 1.



1 – платформа; 2 – груз; 3 – нити; 4 – датчик измерения плотности теплового потока; 5 – зажим; 6 – термопара; 7 – держатель пробы; 8 – экран; 9 – защитная заслонка; 10 – система охлаждения; 11 – радиационная панель; 12 – проба  
Рисунок 1. – Установка по определению устойчивости к тепловому потоку

Таблица 1. – Результаты испытаний

Наименование образца	Значение теплового потока (на обратной стороне образца), кВт/м <sup>2</sup>	Значение температуры (на обратной стороне образца), °С
1-й образец трикотажное полотно арселон/хлопок с плотностью 225 г/м <sup>2</sup> (комбинированное)	2,7	55
2-й образец арселоновое трикотажное полотно с плотностью 352 г/м <sup>2</sup> (переплетение ластик 1×1)	2,5	53
3-й образец арселоновое трикотажное полотно с плотностью 521 г/м <sup>2</sup> (переплетение ластик 1×1)	2,3	52
4-й образец арселоновое трикотажное полотно с плотностью 190 г/м <sup>2</sup> (кулирная гладь)	2,6	54

Из данных в таблице можно сделать следующие выводы:

- полученные значения теплового потока и температуры на обратной стороне образцов схожи между собой, имеют незначительное расхождение, учитывая тот факт, что различия плотности материала образцов № 2 и 3 превышают на 50–70 % плотности образца № 4 и примерно на 30–40 % образца № 1;
- методология самого испытания определила, что при установке пробы с помощью зажимного устройства опытные образцы деформируются (растяги-

ваются), тем самым поры между петлями увеличивают свою площадь, за счет чего снижается устойчивость к плотности проходящего теплового потока через поры образца.

### **Исследования по оценке показателей трикотажных полотен, влияющих на формоустойчивость подшлемника пожарного**

При изготовлении и особенно при эксплуатации полотна испытывают на многократно повторяющееся растяжение, которое вызывает изменение структуры материала и приводит к ухудшению его свойств.

В процессе многократного растяжения полотен происходит переориентирование элементарных звеньев структуры в зависимости от вектора приложенной силы. Процесс постепенного изменения структуры и свойств материала вследствие его многократной деформации называется утомлением. В результате утомления материала появляется усталость – нарушение или ухудшение свойств материала, не сопровождающееся существенной потерей массы.

С учетом того, что подшлемник пожарного эксплуатируется при каждом боевом выезде на ликвидацию пожара, сохраняя свою форму с плотным прилеганием к поверхности головы пожарного, существует необходимость определения устойчивости материала подшлемника к деформации его структуры.

При проведении исследований проводились испытания для четырех видов трикотажных полотен различной структуры (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика испытываемых образцов

Номер образца	Переплетение	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>
1-й	комбинированное	255
2-й	ластик 1+1	352
3-й	ластик 1+1	521
4-й	кулирная гладь	190

В соответствии с [2] определена толщина всех исследуемых образцов. Испытания по определению разрывной нагрузке полотен проводились по стандартной методике согласно [3].

Для определения многоцикловых характеристик деформации образцов применялся прибор пульсатор ПН-5, предназначенный для испытания на многократное растяжение текстильных материалов. На приборе обеспечиваются синусоидальный закон растяжения и бесступенчатый выбор остаточной циклической деформации. Прибор снабжен электронным счетчиком числа циклов растяжения.

Измерения остаточной деформации производятся специальной линейкой, на которой имеется две шкалы. На верхней шкале устанавливается половина хода верхнего зажима. Нижняя шкала служит для отсчета остаточной деформации по кромке нижнего зажима. В таблице 3 приведены рекомендуемые условия испытания.

Для всех образцов значения статической нагрузки принимались равные 0,1 % от разрывной нагрузки, принятые значения приведены в таблице 4.

Рассчитанные значения амплитуды растяжения, равные 5 % от разрывного удлинения, приведены в таблице 4.

Таблица 3 – Рекомендуемые условия испытания

Параметры испытаний	Единица измерения	Величины параметров
Зажимная длина	мм	100
Ширина полоски	мм	50
Статическая нагрузка	в процентах от разрывной нагрузки	0,05
Предварительное натяжение	в процентах от разрывной нагрузки	0,05
Амплитуда растяжения	в процентах от разрывного растяжения	5
Частота	удлинения циклов в минуту	100
Периоды релаксации: – быстрообратимой остаточной циклической деформации	с	1-2
– медленнообратимой остаточной циклической деформации	мин	20–30
Число циклов растяжения	–	10 000
Число образцов	–	1

Таблица 4 – Значения статической нагрузки

Параметры испытаний	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Разрывная нагрузка по вертикали, Н	323	787	732	281
Статическая нагрузка, гс	30	70	70	30
Разрывная нагрузка по горизонтали, Н	237	260	370	234
Статическая нагрузка, гс	30	35	40	30

Испытания велись до заданного числа растягивающих циклов. Через 100 и 1000 циклов, а также по окончании испытания (10 000 циклов) по шкале прибора регистрируют величину удлинения образца  $l_{o,ц}$  и рассчитывают остаточную циклическую деформацию при растяжении  $\epsilon_{o,ц}$  (%) по формуле

$$\epsilon_{o,ц} = l_{o,ц} \times 100 / L_o, \quad (1)$$

где  $L_o$  – зажимная длина образца, мм.

После 10 000 циклов испытаний на многократное растяжение и снятие нагрузки с образца в нем возникают обратные релаксационные процессы деформации. Результатом этого может явиться сокращение длины образца, т. е. уменьшение величины остаточной циклической деформации.

Для определения быстро обратимой остаточной циклической деформации длину образца измеряли сразу после снятия нагрузки на образец (1-2 с). Для определения медленно обратимой остаточной циклической деформации период

отдыха составил 30 мин. После этого сопоставили величины остаточной циклической деформации для различных образцов.

Графики роста остаточной циклической деформации трикотажных полотен вдоль столбиков и рядов представлены на рисунках 2 и 3.



Рисунок 2. – График роста остаточной циклической деформации трикотажных полотен вдоль столбиков



Рисунок 3. – График роста остаточной циклической деформации трикотажных полотен вдоль рядов

Как видно из рисунков, наименьший рост остаточного удлинения у образца № 4. Образцы № 3 и 4 значительно накапливают остаточное удлинение, особенно в направлении рядов.

Увеличение усилия при циклическом воздействии приводит к увеличению общей и остаточной деформации. После каждого цикла, независимо от их числа, остаточная деформация растет: проба после каждого нагружения несколько увеличивает свои размеры. В конечном счете при значительном числе циклов нагружения растяжение доходит до предельного.

С увеличением плотности и степени заполнения ткани и трикотажа растут связанность их элементов и выносливость к многократным растяжениям. Материалы, характеризующиеся однородностью и устойчивостью связей, обладают большей выносливостью.

На рисунках 4 и 5 в виде круговых диаграмм показаны доли деформации быстрообратимой, медленнообратимой и необратимой остаточной деформации

в образцах вдоль столбиков и рядов при снятии статической нагрузки после 10 000 циклов нагружения.

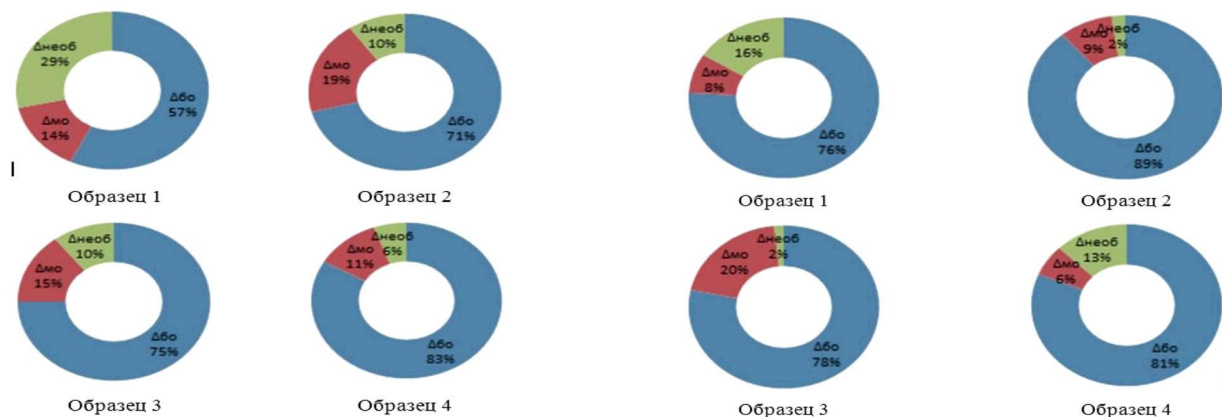


Рисунок 4. – Доли остаточной циклической деформации после снятия нагрузки по вертикали

Рисунок 5. – Доли остаточной циклической деформации после снятия нагрузки по горизонтали

Вдоль петельных столбиков наибольшая доля быстрообратимой деформации у образца № 4 (кулирная гладь), наименьшая – у образца № 1 (комбинированное переплетение).

Вдоль петельных рядов доля быстрообратимой деформации у всех образцов высока. При этом наименьшей необратимой относительной деформацией обладают образцы № 2 и 3 (переплетения ластик 1+1).

Однако при сопоставлении приведенных данных необходимо учитывать тот факт, что полная остаточная циклическая деформация образца № 2 по горизонтали составляет 40 %, что в 6,7 раза меньше значения соответствующего показателя для образца № 4. В связи с этим представляет интерес сравнения абсолютных значений остаточной деформации.

При сравнении абсолютных значений можно отметить, что остаточная необратимая деформация полотен переплетения «ластик» (образцы № 2 и 3) по вертикали существенно превышает необратимую деформацию образцов № 1 и 4. При этом минимальной остаточной необратимой деформацией характеризуется образец переплетения «кулирная гладь». Остаточная необратимая деформация по горизонтали всех образцов различается незначительно, при этом у образцов № 2 и 3 она минимальна [4–6].

### Заключение

По результатам проведенных исследований установлено, что на устойчивость к плотности проходящего теплового потока через поры образца влияет структура материала (виды переплетения, плотности, толщины).

В связи с этим проводились дополнительные исследования для определения многоцикловых характеристик деформации четырех видов трикотажных полотен различной структуры.

Исследования включали: выбор оборудования; описание рекомендуемых условий испытаний; определения значения статической нагрузки; испытания

остаточной циклической деформации трикотажных полотен вдоль столбиков и рядов; измерения доли остаточной циклической деформации после снятия нагрузки по вертикали и горизонтали.

С увеличением плотности и степени заполнения ткани и трикотажа растут связанность их элементов и выносливость к многократным растяжениям. Материалы, характеризующиеся однородностью и устойчивостью связей, обладают большей выносливостью.

На основании проведенных исследований, а также при комплексном подходе к значению эксплуатационных характеристик и защитных теплофизических свойств лучшие показатели показал образец № 4 (переплетение кулирная гладь). На основании полученных результатов принято решение использовать для дальнейших исследований трикотажного полотна подшлемника пожарного переплетение кулирная гладь.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шеремет, Т.В. Защитные свойства подшлемника пожарного / Т.В. Шеремет, О.Д. Навроцкий, Н.М. Дмитракович // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2019. – № 2(46). – С. 207–214.
2. Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения толщины: ГОСТ 12023-2003. Межгосударственный стандарт. – Введ. 01.12.2005. – 8 с.
3. Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных: ГОСТ 8847-85. Государственный стандарт СССР. – Введ. 01.01.1987 – 21 с.
4. Жихарев, А.П. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности. / А.П. Жихарев, Д.Г. Петропавловский, С.К. Кузин, В.Ю. Мишаков. – Москва : Издательский центр «Академия», 2004. – 448 с.
5. Шалов, И.И. Технология трикотажа / И.И. Шалов, А.С. Далидович, Л.А. Кудрявин. – Москва : Легпромбытиздат, 1986. – 376 с.
6. Поспелов, Е.П. Двухслойный трикотаж / Е.П. Поспелов. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 208 с.

### REFERENCES

1. SHeremet, T.V. Zashchitnye svojstva podshlemnika pozharnogo / T.V. SHeremet, O.D. Navrockij, N.M. Dmitrakovich // CHrezvychajnye situacii: preduprezhdenie i likvidaciya. – 2019. – № 2(46). – S. 207–214.
2. Materialy tekstil'nye i izdeliya iz nih. Metod opredeleniya tolshchiny: GOST 12023-2003. Mezhhgosudarstvennyj standart. – Vved. 01.12.2005. – 8 s.
3. Polotna trikotazhnye. Metody opredeleniya razryvnyh harakteristik i rastyazhimosti pri nagruzkah, men'she razryvnyh: GOST 8847-85. Gosudarstvennyj standart SSSR. – Vved. 01.01.1987 – 21 s.
4. ZHiharev, A.P. Materialovedenie v proizvodstve izdelij legkoj promyshlennosti. / A.P. ZHiharev, D.G. Petropavlovskij, S.K. Kuzin, V.YU. Mishakov. – Moskva : Izdatel'skij centr «Akademiya», 2004. – 448 s.
5. SHalov, I.I. Tekhnologiya trikotazha / I.I. SHalov, A.S. Dalidovich, L.A. Kudryavin. – Moskva : Legprombytizdat, 1986. – 376 s.



6. Pospelov, E.P. Dvuhslojnyj trikotazh / E.P. Pospelov. – Moskva : Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1982. – 208 s.

