

ИССЛЕДОВАНИЕ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ*

RESEARCH OF BALLISTIC PROPERTIES OF FABRICS

А.И.СЛУГИН, О.В.ПАРФЕНОВ, Н.А.НИКОЛАЕВА, Б.М.ФОМИН
A.I. SLUGIN, O.V. PARFYONOV, N.A. NIKOLAEVA, B.M. FOMIN

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")
E-mail: nsd@staff.msta.ac.ru

Проведены исследования баллистических свойств тканей различного переплетения из параарамидных комплексных нитей. Разработанные ткани из регенерированного арамидного волокна прошли натурные испытания при создании внутренней противоосколочной защиты экипажей бронированной техники.

Research of ballistic properties of fabrics of a various interlacing from paraaramide complex threads is carried out. The fabrics developed from a recycled aramide fiber have passed natural tests under creation of internal ballistic protection of armour machinery crews.

Ключевые слова: арамид, русар, баллистические испытания, регенерированные нити, параметры заправки, ткани, поверхностная плотность, проектирование ткани.

Keywords: aramide, rusar, ballistic tests, recycled threads, filling parameters, fabrics, superficial density, fabric designing.

Исследования, проведенные нами, показали, что баллистическая стойкость тканей, выработанных из регенерированных арамидных штапельных волокон, лишь на 16,5% ниже баллистической стойкости тканей, изготовленных из параарамидных комплексных нитей. Эти результаты были получены на тяжелых тканях с поверхностной плотностью 340...420 г/м² и вызвали оживленную дискуссию среди специалистов-баллистика о механизме разрушения защитного пакета при воздействии поражающего элемента. Было признано, что основная часть кинетической энергии пули или осколка рассеивается за счет взаимного перемещения нитей и волокна под воздействием баллистического

снаряда. Исходя из этого, а также принимая во внимание, что с увеличением количества слоев ткани в пакете баллистическая стойкость последнего растет, было принято решение повторить серию испытаний на облегченных тканях.

По мнению специалистов, занимающихся разработкой баллистических материалов, проектируемая ткань должна отвечать следующим требованиям: иметь поверхностную плотность не более 130 г/м²; иметь одинаковые физико-механические характеристики по основе и по утку; иметь одинаковое усилие выдергивания основных и уточных нитей; иметь саржевое или полотняное переплетение.

* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук С.Д. Николаева.

Для определения основных параметров строения ткани и параметров заправки ткацкого станка был использован метод проектирования ткани по поверхностной плотности.

Параметры изготовления ткани представлены в табл. 1 (параметры заправки ткацкого станка).

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Параметры заправки	Значение параметра	
		саржа	полотно
1	Линейная плотность нитей основы, текс	30 x 2	30 x 2
2	Линейная плотность нитей утка, текс	30 x 2	30 x 2
3	Плотность ткани по основе, нитей на 10 см	95	95
4	Плотность ткани по утку, нитей на 10 см	95	95
5	Номер берда		
6	Число нитей, пробранных в зуб берда	2	2

Были наработаны и испытаны ткани. Результаты физико-механических испытаний баллистических тканей, выработанных

из регенерированного арамидного волокна, представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя и вид переплетения	
		саржевое	полотняное
1	Поверхностная плотность, г/м ²	111,8	116,9
2	Разрывная нагрузка полоски ткани 25 мм x 100 мм, Н - по основе - по утку	547	534
		545	592
3	Удлинение при разрыве полоски ткани 25x100 мм, % - по основе - по утку	8,0	8,5
		9,2	10,6
4	Толщина ткани, мм	0,37	0,30

Изготовленные ткани обоих переплетений были подвергнуты баллистическим испытаниям на противоосколочную стойкость, которую характеризуют показателями V₅₀ – скоростью, при которой вероятность не пробития составляет 50%. Испытания проводили в лаборатории путем

метания одиночного поражающего элемента в определенном диапазоне скоростей с оценкой результатов его взаимодействия с преградой. Результаты испытаний баллистических пакетов представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

№ п/п	Вид переплетения	Поверхностная плотность ткани, г/м ²	Количество слоев ткани	Поверхностная плотность пакета, г/м ²	V ₅₀ , м/с
1	Саржевое	111,8	44	4987,5	503
2	Полотняное	116,9	43	5030,1	481,6

Из табл. 3 видно, что баллистическая стойкость пакетов, изготовленных из легких изотропных тканей, находится на высоком уровне по сравнению с баллистической стойкостью пакетов, изготовленных из тяжелых тканей (V₅₀=411-434 м/с).

С целью дальнейшего повышения защитных характеристик тканей из регене-

рированного параарамидного волокна было принято решение изготовить ткани различного переплетения из комбинированной нити.

Для этого одиночную пряжу из регенерированных арамидных волокон линейной плотностью 30 текс скрутили с комплексной арамидной нитью 29,4 текс. Парамет-

ры заправки ткацкого станка оставили такими же, как в предыдущем опыте (табл. 1), заменив при этом пряжу 30 текс х 2 на комбинированную нить 30 текс + 29,4 текс. Полученные ткани проанализирова-

ли. Результаты физико-механических испытаний баллистических тканей, изготовленных из комбинированных нитей (пряжа 30 текс + нить 29,4 текс), представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя и вид переплетения	
		саржевое	полотняное
1	Поверхностная плотность, г/м ²	111,2	111,8
2	Разрывная нагрузка полоски ткани 25×100мм, Н - по основе - по утку	1529	1513
		1756	1780
3	Удлинение при разрыве полоски ткани 25×100 мм, % - по основе - по утку	5,5	6,3
		7,1	6,8
4	Толщина ткани	0,49	0,43

Баллистические испытания ткани проводили в лаборатории контроля защитных характеристик № 2922 ЗАО "Армоком". Результаты проведенных баллистических

испытаний защитных пакетов, изготовленных из ткани из комбинированных нитей, представлены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

№ п/п	Вид переплетения	Поверхностная плотность ткани, г/м ²	Количество слоев ткани	Поверхностная плотность пакета, г/м ²	V ₅₀ , м/с
1	Саржевое	111,2	45	5005,4	539,5
2	Полотняное	111,8	45	5032,4	576,9

Из табл. 5 видно, что баллистическая стойкость пакетов, изготовленных из тканей из комбинированных нитей, возросла по сравнению с баллистической стойкостью пакетов, изготовленных из ткани из регенерированного волокна, в среднем на 13%, несмотря на то, что разрывная нагрузка ткани при этом возросла в 3 раза. Полученные результаты еще раз подтверждают, что прочность исходной нити является важной для баллистической стойкости защитного пакета, но не является определяющей эту стойкость.

Разработанные ткани из регенерированного арамидного волокна прошли натурные испытания при создании внутренней противоосколочной защиты экипажей бронированной техники. Эта проблема условно делится на 2 части: бронирование тяжелых машин (танк, БМП); бронирование автомобилей.

Если в первом случае броня машины, как правило, выдерживает воздействие поражающего элемента и необходимо защитить экипаж, приборы, боеукладку от вто-

ричных осколков, возникающих при ударе, то во втором случае броня пробивается, при этом возникает поток вторичных осколков, которые вместе с поражающим элементом (пулей, сердечником пули) необходимо задержать.

Основными критериями, определяющими выбор материала в качестве противоосколочной защиты, являются следующие: удельная баллистическая стойкость (баллистическая стойкость защиты, отнесенная к ее весу); огнестойкость; теплоустойчивость (стабильность характеристик во всем диапазоне рабочих температур); количество и токсичность дыма при возгорании; технологичность материала при монтаже внутренней защиты; возможность использования материала защиты в качестве несущих элементов конструкции; доступность материала на внутреннем рынке; цена.

Каждый тип защиты имеет свои достоинства и свои недостатки, которые в конечном счете определяют область применения.

В настоящее время для защиты внутреннего пространства бронированной машины в основном используются или многослойные тканевые экраны из арамидных комплексных нитей Русар или композитные панели на основе полиолефиновых волокон.

Наивысшие баллистические характеристики имеют тканевые защитные экраны из арамидных комплексных нитей. В то же время высокая цена, невозможность использования в качестве конструкционного материала и ряд других причин сдерживают их применение в технике.

Баллистическая эффективность композитных панелей из олефиновых волокон ниже, чем у защитных материалов на основе арамидных нитей. Кроме того, они обладают низкой тепло- и термостойкостью и высокой горючестью и соответственно дымовыделением. Однако относительно низкая цена делает эти материалы конкурентоспособными и востребованными.

Для повышения конкурентоспособности текстильных бронепакетов и баллистических композитов на основе арамидных комплексных нитей было предложено часть слоев ткани из комплексной нити русар заменить на ткань из пряжи арамидной, изготовленной из регенерированного волокна русар.

Были изготовлены текстильные бронепакеты различной поверхностной плотности из комплексной нити и текстильные бронепакеты с применением тканей из регенерированного арамидного волокна, а также композитные бронепакеты из комплексной нити и композитные бронепакеты с применением тканей из регенерированного волокна. Баллистическую стойкость всех образцов оценивали по скорости V_{50} .

В табл. 6 представлены результаты баллистических испытаний текстильных бронепакетов, которые проводили путем обстрела защитного пакета шариком 1,03 г.

Т а б л и ц а 6

№ п/п	Поверхностная плотность бронепакета, кг/м ²	V_{50} , м/с		Снижение V_{50} , %
		пакет из комплексных нитей русар	пакет с тканью из регенерированного арамидного волокна	
1	2	530	350	- 34
2	3	580	400	- 31
3	4	630	450	- 29
4	5	680	500	- 26
5	6	715	540	- 24
6	7	750	580	- 23

Из табл. 6 видно, что замена части комплексной нити на пряжу из регенерированного арамидного волокна ведет к снижению защитных характеристик текстильного бронепакета, однако с увеличением поверхностной плотности пакета это снижение уменьшается.

Композитные бронепанели были изготовлены путем горячего прессования баллистической ткани с полимерной пленкой, уложенной между слоями ткани в качестве связующего. Использование пленки при изготовлении бронепанели приводит к

увеличению веса баллистического материала, что в свою очередь приводит к снижению V_{50} при одинаковой поверхностной плотности текстильного пакета и бронепанели.

В табл. 7 представлены результаты баллистических испытаний композитных бронепанелей, изготовленных из комплексной нити и композитных бронепанелей, изготовленных с применением тканей из регенерированного арамидного волокна.

Т а б л и ц а 7

№ п/п	Поверхностная плотность бронепанели, кг/м ²	V ₅₀ , м/с		Снижение V ₅₀ , м/с
		панель из комплексной нити русар	панель с тканью из регенерированного арамидного волокна	
1	2	450	350	- 22
2	3	490	390	- 20
3	4	520	420	- 19
4	5	550	440	- 20
5	6	580	465	- 20
6	7	600	480	- 20

Из табл. 7 видно, что замена части материала, изготовленного из комплексной нити, на материал, изготовленный из регенерированного арамидного волокна, приводит к снижению V₅₀ и это снижение практически остается постоянным, то есть

не зависящим от поверхностной плотности бронепанели.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 03.06.11.