

ПАРА-АРАМИДНЫЙ ТРИКОТАЖ

*PhD, Турахужаева Нилуфар Назиржановна
Андижанский государственный технический институт
Республика Узбекистан, Андижан*

Аннотация

В статье рассмотрены физико-механические и эксплуатационные характеристики трикотажных полотен, изготовленных из пара-aramидных пряжи. Определены особенности технологического процесса вязания этих полотен на плосковязальных машинах, проанализированы их структурные параметры и устойчивость к термическим и механическим воздействиям. Показаны направления применения пара-aramидного трикотажа в изделиях специального назначения и техническом текстиле.

Ключевые слова: пара-aramидное волокно, трикотажное переплетение, термостойкость, огнестойкость, технический текстиль, защитная одежда.

Abstract

The article discusses the physical, mechanical, and performance characteristics of knitted fabrics made from para-aramid fibers. The technological features of knitting such fabrics on flat knitting machines are analyzed, as well as their structural parameters and resistance to thermal and mechanical influences. The paper also highlights the application areas of para-aramid knitwear in protective clothing and technical textiles.

Keywords: para-aramid fiber, knitted fabric, heat resistance, flame resistance, technical textiles, protective clothing.

В последние годы особое внимание уделяется разработке высокопрочных и термостойких материалов для технических и защитных целей. Пара-aramидные волокна занимают одно из ведущих мест среди современных синтетических волокон благодаря сочетанию прочности, легкости и стойкости к воздействию высоких температур.

Пара-aramиды (например, Kevlar®, Twaron®, Ruser®) относятся к ароматическим полиамамидам с пара-ориентированной структурой цепей, что обеспечивает их уникальные свойства – прочность на разрыв, низкую плотность и устойчивость к горению. Использование таких волокон в трикотажном производстве открывает новые перспективы для создания легких и функциональных материалов специального назначения.

Пара-aramидные волокна характеризуются высокой степенью ориентации макромолекул вдоль оси волокна, что обуславливает:

- прочность до 3,6–3,9 ГПа;

- модуль упругости до 130–140 ГПа;
- низкую плотность (1,44 г/см³);
- теплостойкость до 250 °С без потери прочности;
- огнестойкость — волокно не плавится и не поддерживает горение.

Кроме того, волокна устойчивы к большинству химических реагентов, не подвержены биологическому разрушению и сохраняют стабильные свойства при длительной эксплуатации [1-3].

Пара-арамидная пряжа имеет пониженную растяжимость и высокую жёсткость, что требует корректировки параметров вязания:

- снижение скорости движения каретки и натяжения нити;
- увеличение длины петли для обеспечения равномерного петлеобразования;
- использование игл с усиленной стойкостью к износу;
- применение компьютеризированных плосковязальных машин для точного контроля плотности вязания.

Наиболее рациональными структурами для пара-арамидных полотен являются гладь, ластик пресс, интерлок и комбинированные переплетения обеспечивающие хорошее сочетание прочности и гибкости.

Сегодня существует высокий спрос на трикотажные полотна с функциональным назначением, который отличается специальными свойствами среди трикотажных полотен [4-5]. В данной научно-исследовательской работе выработаны образцы трикотажных полотен из специальной пряжи, которая имеет термостойкие свойства и входит в группу пара-арамидных волокон [6]. Технические данные пара-арамидной пряжи VICWA (Китай) соответствуют требованиям изделий с огнеупорными свойствами. Для исследований в сфере нового вида термо-огнестойкого трикотажа с повышенными прочностными характеристиками были получены 3 варианта трикотажных образцов из пряжи VICWA линейной плотностью 30/2S (66 текс). В таблице-1. приведены технические характеристики пряжи «VICWA», использованной нами при исследованиях трикотажа специального назначения.

Таблица-1.

Технические характеристики пара-арамидной пряжи «VICWA»

Тип пряжи	Линейная плотность		Относительна я разрывная нагрузка	Разрывная нагрузка	Удлинен е при разрыве	Состав
	Ne	dtex				
VPY 232	30/2S	390	75	3200	3-5	100% пара- арамид

К числу недостатков пряжи марки VICWA следует отнести её низкую устойчивость к воздействию ультрафиолетового излучения, что приводит к снижению прочностных характеристик при длительном облучении солнечным светом. В то же время изделия, изготовленные из данного высокопрочного материала, отличаются высокой износостойкостью и демонстрируют высокие эксплуатационные свойства, включая устойчивость к истиранию, порезам и разрывам при взаимодействии с инструментами, имеющими острые режущие кромки.

Исходя от применённого вида переплетения, варьировались параметры петельной структуры: шаг (А), высота петельного ряда (В), плотность по горизонтали (P_{Γ}) и вертикали ($P_{\text{в}}$), длина нити в петле (L), поверхностная плотность (M_s), толщина (Т) и объёмная плотность (δ). Результаты технологических параметров представлены в таблице-2.

Таблица-2.

Технологические параметры трикотажных образцов для специального назначения

Варианты образцов	Марка пряжи	Линейная плотность, текс	Петельный шаг, А мм	Высота петельного ряда В, мм	Плотность по горизонтали, P_{Γ}	Плотность по вертикали, $P_{\text{в}}$	Длина нити в петле, L(мм)	Поверхностная плотность, M_s (г/м ²)	Толщина, Т (мм)	Объёмная плотность, δ (мг/см ³)
1	«VICWA»	66	1,7	1,25	30	40	6	237	0,9	263,3
2		66	1,7	1,25	30	40	6,2	482	1,7	283,5
3		66	1,7	1,7	30	30	6,2	422	1,7	248,2

Из таблицы видно, что увеличение длины нити в петле (L) с 6,0 до 6,2 мм приводит к росту поверхностной массы полотна (M_s) почти в два раза (с 237 до 482 г/м²). Это объясняется увеличением количества пряжи в петельной системе и ростом толщины полотна (с 0,9 до 1,7 мм).

При изменении высоты петельного ряда (В) с 1,25 до 1,7 мм наблюдается некоторое снижение поверхностной массы с 482 до 422 г/м², что обусловлено уменьшением плотности петель по вертикали (с 40 до 30).

На рисунке-1. представлен график изменения поверхностной и объёмной плотностей относительно применённых переплетений по вариантам трикотажных образцов из пара-арамидной пряжи «VICWA» для специального назначения, т. е. определено влияние петельной структуры переплетения и волокнистого состава пряжи на технологические параметры трикотажа.

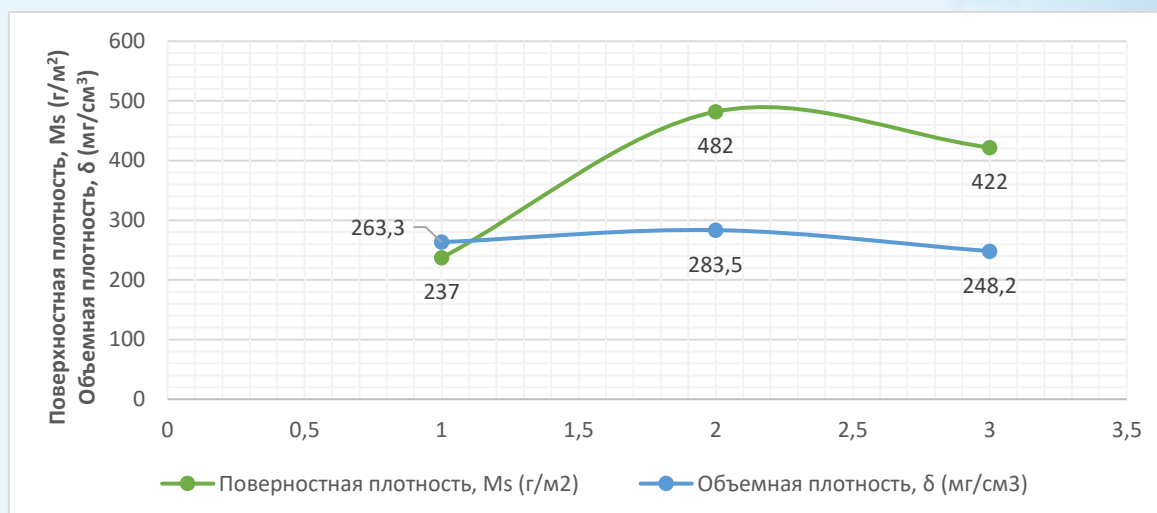


Рисунок-1. График изменения поверхностной и объёмной плотностей трикотажных образцов из пара-арамидной пряжи «VICWA» относительно применённого переплетения

Поверхностная плотность трикотажных образцов, выработанных пряжей «VICWA» варьирует в пределах 237 – 482 г/м², и разница между ними составляет 103% относительного наименьшего значения, то есть поверхностная плотность образца трикотажа выработанного переплетением ластика (вариант №2) в два раза больше поверхностной плотности трикотажного образца, выработанного переплетением кулирной глади (вариант №1). Поверхностная плотность трикотажного образца варианта №3 составляет 422 г/м², что на 12,4% меньше относительно варианта №2. Это означает, что при использовании идентичного сырья затрат при выработке трикотажа комбинированным переплетением ластика 2+1 и производной глади (вариант №3), меньше чем у ластика (вариант №2).

Так же вариант №3 трикотажных образцов для специального назначения имеет наименьшую объёмную плотность – 248 мг/см³, что на 5,7% меньше относительно варианта №1, а относительно варианта №2 на 12,4%, что также объясняется влиянием структуры трикотажа, так как использовалась пряжа с одинаковым волокнистым составом и линейной плотностью.

Анализ технологических параметров показал, что изменения толщины и поверхностной плотности трикотажного полотна происходят в соответствии с определёнными закономерностями. В структуре трикотажа варианта №3 были комбинированы главные и производные переплетения. Количество, расположение и повторение таковых влияют на технологические параметры, а в дальнейшем и на механические свойства трикотажного полотна.

Разработанные полотна имеют хороший вид. В результате анализа можно рекомендовать в качестве оптимального самый экономичный и ресурсосберегающий, а также соответствующий остальным технологическим параметрам – вариант №1, выработанный переплетением гладь; вариант №3 сопоставляя относительно двойных переплетений.

Защита человека от различных вредных и опасных факторов производства и общее понятие индивидуальной защиты всегда было актуальным вопросом во всех сферах жизнедеятельности как в быту, так и на производстве. Одним из основных видов средств защиты являются ассортимент защитной одежды, преимущества которых определяются свойствами используемого текстильного материала. Ключевыми эксплуатационными характеристиками трикотажных материалов, применяемых в изготовлении специальной одежды, являются прочность, износостойкость, растяжимость и формоустойчивость. Они в значительной степени зависят как от волокнистого состава используемой пряжи, и от структурных особенностей применённого переплетения.

Показатели разрывной нагрузки для трикотажных полотен регламентированы установленными стандартами. Отклонение фактических значений от норм, предусмотренных ГОСТ, может свидетельствовать о несоответствии продукции требованиям качества. Несмотря на то, что в процессе эксплуатации и изготовления изделий (в частности, при пошиве и носке) на трикотаж воздействуют нагрузки, значительно меньшие по величине, чем разрывные, прочность на разрыв остаётся одним из ключевых параметров при оценке механических свойств трикотажных материалов.

Выработанные образцы трикотажа для специального назначения испытывались по стандартной методике в лаборатории «CENTEXUZ» на физико-механические свойства: разрывная нагрузка, разрывное удлинение, удлинение в 6N, деформация, воздухопроницаемость, водопоглощение и истираемость. Полученные результаты испытаний приведены в таблице-3.

Таблица-3.

**Физико-механические показатели образцов трикотажа из пара-
арамидной пряжи**

Варианты, №	Разрывная нагрузка, Р (N)		Разрывное удлинение, L (%)		Удлинение, % (в 6N)		Деформация (%)				Воздухопроницаемость, В (см³/см²с)	Водопоглощаемость, %	Истираемость, цикл
	по длине	по ширине	по длине	по ширине	по длине	по ширине	по длине		по ширине				
Обратимая, ε _{од} (%)							Необратимая, ε _{нд}	Обратимая, ε _{оп} (%)	Необратимая, ε _{нп}				
1	883	573	13	27	1,65	2,79	79	21	57	43	358,9	2,07	>35587
2	2155	443	9,5	51,5	0,84	8,55	82	18	77	23	186,9	2,92	>35587
3	1838	728	10	24	0,9	4,2	80	20	50	50	255,9	3,21	>35587

Одним из значимых показателей текстильных материалов являются разрывные характеристики при однократном и многократном растяжении. В большинстве стандартов и технических условий для текстильных полотен установлены нормативные значения прочности, выражаемые через показатель разрывной нагрузки. Как известно, величина приложенного растягивающего усилия, воспринимаемого каждой петельной единицей, определяется числом элементов петли, включённых в процесс разрыва, их геометрией и взаимным расположением, а также от волокнистого состава пряжи и его обработки.

Прочность испытуемых вариантов трикотажа определяли по ГОСТ 8847-85 на машине WDW-5E разрывом полосок полотна по вертикали и горизонтали. Показателем прочности является сопротивление образца разрыву.

На рисунке-2. представлена диаграмма изменения разрывной нагрузки по длине и ширине P (N) трикотажных образцов полученных на основе пара-aramидной пряжи «VICWA».

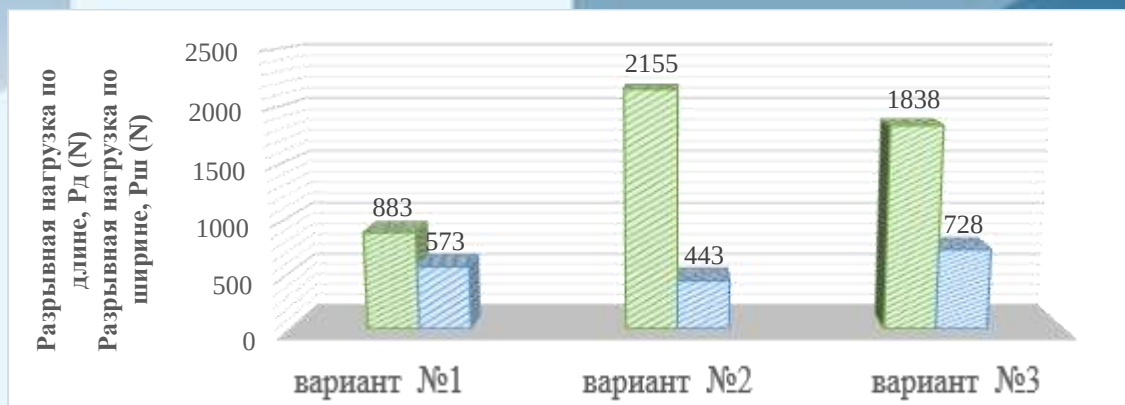


Рисунок-2. Диаграмма изменения разрывной нагрузки по длине и ширине Р (N) трикотажных образцов полученных на основе пряжи «VICWA»

По вариантам трикотажных образцов выработанных из пара-арамидной пряжи значения разрывной нагрузки по длине изменяется в пределах 883-2155 N, что составляет 59%, а по ширине 443-728 N, что составляет 39,1%. Самое высокое значение разрывной нагрузки по длине и самое низкое значение по ширине имеет вариант №2 (соответственно 2155 N и 443 N). Это объясняется тем, что структура переплетения ластик 1+1 имеет большее количество сопротивляющихся элементов при разрыве по длине, но при разрыве по ширине оно сильно растягивается и утончается, а, следовательно, уменьшается его плотность и толщина, которые и определяют меньшие значения разрывной силы, относительно других вариантов.

Промежуточные значения разрывной нагрузки по длине и ширине у варианта №3 (соответственно 1838 N и 728 N), которые соответственно на 52% и 21,3% больше чем у варианта №1. Это объясняется наличием протяжек в структуре трикотажа, которые дополнительно сопротивляются действующим силам при разрыве. И так, прочность трикотажа зависит от количества нитей, сопротивляющихся растягивающим усилиям в каждом петельном ряду и столбике, а значит прочность использованной пряжи, её линейная плотность, структура и плотность полотна играют важную роль в получении высокопрочного трикотажа для специального назначения.

Физико-механические показатели полученных образцов трикотажных полотен показали высокие результаты на разрывные показатели и истираемость.

Кроме того, полотна сохраняют гибкость и воздухопроницаемость, что делает их пригодными для изготовления подшлемников, термостойкого белья и перчаток.

Высокие прочностные и эстетические показатели изделий из пара-арамидной пряжи определили их применение в таких отраслях как:

1. Средства индивидуальной защиты (спецодежда для пожарных, сварщиков, металлургов; подшлемники, перчатки, термостойкое бельё).
2. Технический текстиль (армирующие прослойки в композитах, теплоизоляционные покрытия, фильтры, уплотнительные элементы).
3. Транспорт и авиация (внутренняя отделка салонов, шумоизоляционные и противопожарные элементы).
4. Военная промышленность (мягкие бронежилеты, противопожарные подкладки, элементы экипировки).

Заключение.

Пара-aramидный трикотаж – это инновационный материал, сочетающий высокие показатели прочности и термостойкости с гибкостью и комфортом. Его производство требует точной настройки технологических параметров, однако результаты оправдывают сложность процесса. Развитие технологий вязания и создание новых гибридных структур позволят значительно расширить применение пара-aramидного трикотажа в защите человека и технических системах.

Список использованной литературы

1. Гончарова Н. И. Защитные свойства текстильных материалов: учебное пособие. – М.: Легпромиздат, 2019. – 272 с.
2. Мартынов И. П. Пожарная безопасность текстильной продукции // Техника и технология текстильной промышленности. – 2021. – №3. – С. 35-42.
3. Огнеупорная ткань: виды и характеристики // URL: <https://mtrservis.ru/info/ogneupornaya-tkan-vidy-i-kharakteristiki/> (дата обращения: 04.06.2025). – 5 мая 2023.
4. KEVLAR Aramid Fiber: Technical Guide: [англ.]: [арх. 8 августа 2007]. – DuPont. – С. II-1 (3-я паг.). – 32. https://www.dupont.com/content/dam/dupont/amer/us/en/safety/public/documents/en/Kevlar_Technical_Guide_0319.pdf
5. Фокина Е. В. Разработка технологии изготовления огнестойкого трикотажа для полетных костюмов космонавтов: диссертация кандидата технических наук. – Москва, 2011. – 191 с.
6. Turaxujayeva, N. (2024). YUQORI PISHIQLIK KO'RSATKICHLARIGA EGA BO'LGAN OLOVBARDOSHLI TRIKOTAJNING TEXNOLOGIK KO'RSATKICHLARINING TAHLILI. Universal Xalqaro Ilmiy Jurnal, 1(8), 132–137.