

Научная статья

УДК 687.023

doi 10.34216/2587-6147-2021-2-52-43-48

Дарья Константиновна Панкевич¹

Игорь Анатольевич Буланчиков²

^{1,2} Витебский государственный технологический университет, г. Витебск, Беларусь

¹ dashapan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0328-9033>

² mers4917@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5706-2021>

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НИТОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ТРИКОТАЖНОЙ ОСНОВЕ

Аннотация. Статья посвящена исследованию прочности и износостойкости ниточных соединений мембранных материалов на трикотажной основе. Дана характеристика композиционного мембранного трехслойного материала, обоснованы режимы его стачивания и методика испытаний. Проведены исследования прорубаемости материала, и выбрана геометрия острья иглы. Изложены результаты исследования прочности ниточных швов, выполненных вдоль петельного столбика лицевого слоя материала до и после моделирования эксплуатационных растягивающих нагрузок вдоль и поперек шва. Моделировали 15 000 циклов нагрузка – разгрузка, растягивая образец на величину 10 % от длины шва. В результате проведения полного факторного эксперимента установлено, что наибольшее влияние на прочность и износостойкость ниточного соединения композиционного материала оказывают линейная плотность ниток и диаметр иглы. Влияние частоты строчки неоднозначно для параметра износостойкости шва при растяжении вдоль и поперек строчки.

Ключевые слова: трикотаж, мембрана, ниточные швы, режимы стачивания, моделирование, прочность, износостойкость

Для цитирования: Панкевич Д. К., Буланчиков И. А. Эксплуатационные свойства ниточных соединений мембранных материалов на трикотажной основе // Технологии и качество. 2021. № 2(52). С. 43–48. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-2-52-43-48>.

Original article

Dar'ya K. Pankevich, Igor A. Bulanchikov

Vitsebsk State Technological University, Vitsebsk, Belarus

PERFORMANCE PROPERTIES OF THREAD SEAMS OF KNITTED-BASED MEMBRANE MATERIALS

Abstract. The article is devoted to the study of the strength and wear resistance of thread seams of membrane materials on a knitted basis. The characteristics of the composite membrane three-layer material are given and the modes of its stitching and the test method are substantiated. Investigations of material cutting through with a needle were carried out and the geometry of the sewing needle point was chosen. The results of the study of the strength of thread seams made along of the front layer of the material before and after modelling the operational tensile loads along and across the seam are presented. 15000 load-unload cycles were simulated, stretching the sample by 10 % of the seam length. As a result of a full factorial experiment, it was found that the linear density of the threads and the diameter of the needle have the greatest effect on the strength and wear resistance of the thread seams of the composite material. The influence of the sewing frequency is ambiguous for the parameter of the wear resistance of the seam when stretched along and across the line.

Keywords: jersey, membrane, thread seams, sewing modes, modelling, strength, wear resistance

For citation: Pankevich D. K., Bulanchikov I. A. Performance properties of thread seams of knitted-based membrane materials. *Tekhnologii i kachestvo* = Technologies & Quality. 2021;2(52):43–48. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-2-52-43-48>.

Технология изготовления одежды из мембранных материалов на трикотажной основе принципиально не отличается от традиционной технологии поузловой обработки, однако имеет существенные особенности в плане выбора ре-

жимов ниточных соединений. При пошиве изделий из таких материалов могут возникать проблемы, поскольку выполнение строчек происходит в условиях повышенного сопротивления проколу иглой и интенсивного трения швейной нитки о слою материала в процессе образования стежка. Нити трикотажных слоев,

© Панкевич Д. К., Буланчиков И. А., 2021

закрепленные в структуре композита связующим, плохо сдвигаются под действием острия иглы и имеют повышенную склонность к прорубанию иглой. Полимерная мембранная пленка точечно повреждается по линии строчки. При последующей эксплуатации изделия нитки шва могут перетираться кромкой полимерной пленки и связующего. В результате возможны следующие нежелательные явления: явная и скрытая прорубка, значительное снижение прочности или разрушение ниточного соединения при эксплуатации изделий.

Анализ источников литературы показал, что исследования прочности и износостойкости ниточных швов посвящены в основном ниточным соединениям однослойных материалов [1, с. 230–238; 2] либо многослойных материалов с мембранным слоем, выработанных на тканой основе [3–5]. При этом моделирование эксплуатационных нагрузок на ниточные швы освещено крайне скудно. В работах [1, с. 114; 6, с. 8] указывают на значимость метода моделирования эксплуатационного износа в лабораторных условиях и необходимость его использования в целях прогнозирования качества швейных изделий. Особенно важны такие исследования для новых малоизученных материалов.

Статья посвящена оптимизации режимов ниточного соединения мембранного материала на трикотажной основе по параметрам прочности и износостойкости. Критериями прочности и износостойкости в данной работе приняты показатели разрывной нагрузки шва до и после многоциклового растяжения и изгиба соответственно. В качестве факторов, влияющих на критерии оптимизации, выделены диаметр и геометрия острия швейной иглы, линейная плотность швейных ниток, частота строчки.

Для исследования износостойкости ниточных швов использовали метод моделирования эксплуатационных нагрузок и установку (рис. 1), разработанную на кафедре «Техническое регулирование и товароведение» УО «ВГТУ», г. Витебск. Установка позволяет многократно с определенной частотой подвергать образцы материалов циклическому изгибу и растяжению при различных заданных значениях деформации растяжения (ΔL). Одновременно можно испытывать четыре плоские пробы, заправленные в горизонтально расположенные зажимы. В результате взаимодействия подвижных и неподвижных зажимов пробе сообщается попеременно деформация изгиба и растяжения в продольном направлении.

На основании данных литературных источников устанавливали следующие режимы моделирования:

- растяжение 10 % от первоначальной длины пробы [7, с. 20];
- количество циклов нагружения 15 000 [1, с. 125].

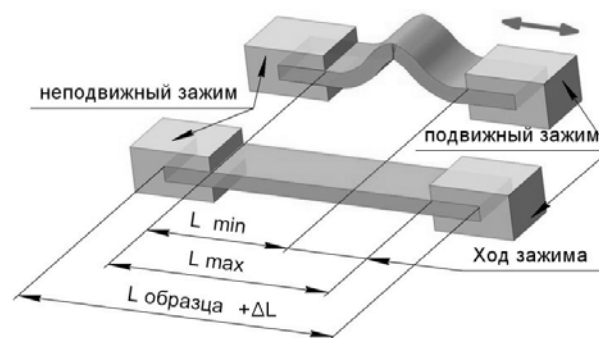


Рис. 1. Схема нагружения образцов

В качестве объектов исследования были выбраны ниточные швы, соединяющие детали из мембранного материала на трикотажной основе, характеристика которого представлена в табл. 1. Исследование свойств материала по показателям, представленным в табл. 1, проводили в аккредитованной лаборатории Центра испытаний УО «ВГТУ», г. Витебск. Микроскопию поперечного среза мембранного материала проводили с помощью растрового электронного микроскопа VEGA II LSH. Изучение структуры материала показало, что лицевая сторона материала выполнена из трикотажного полотна толщиной 0,24 мм одинарного поперечно соединенного переплетения. Изнаночная сторона – из полотна толщиной 0,21 мм двуластичного переплетения. Между полотнами расположена тонкая листовая мембрана толщиной 0,02 мм, соединенная с текстильными слоями связующим (рис. 2). Толщину слоев определяли толщиномером индикаторным ТР-10-60 с пределом допускаемой погрешности 0,01 мм на участке вблизи кромки материала, где слои композита не склеены.

Швейные нитки подбирали по справочным рекомендациям из диапазона торговых номеров, соответствующих толщине материала и диаметру игл. Характеристика используемых ниток представлена в табл. 2.

Элементарные пробы для испытаний выкраивали прямоугольной формы так, чтобы шов совпадал с направлением петельного столбика лицевого трикотажного полотна, а размер пробы со швом составлял 200 × 50 мм. Подготавливали пробы двух видов – для исследования прочности и износостойкости шва при растяжении вдоль и поперек шва. Таким образом, получали модели основных швов в гипотетическом изделии, испытывающих деформацию растяжения и изгиба: боковых, шаговых, швов рукавов.

Т а б л и ц а 1

Характеристика исследуемого образца

Наименование показателя, ед. измерения	Технические нормативные правовые акты на метод испытаний	Значение
Состав текстильных слоев	По данным производителя	Полиэфирное волокно, 100 %
Плотность вязания по вертикали, число петельных рядов в 100 мм	ГОСТ 8846–87	260 (лицевое полотно)
		210 (изнаночное полотно)
Плотность вязания по горизонтали, число петельных столбиков в 100 мм	ГОСТ 8846–87	240 (лицевое полотно)
		180 (изнаночное полотно)
Состав мембранного слоя	По данным производителя	Полиуретан 100 %
Поверхностная плотность, г/м ²	ГОСТ 8845–87	274
Растяжимость при нагрузке 6 Н вдоль петельного ряда, %	ГОСТ 8847–85	9
Паропроницаемость, г / (м ² · 24 ч)	ГОСТ 22900–78	1468
Водонепроницаемость, МПа	ГОСТ 413–91 (Метод Б1)	0,2

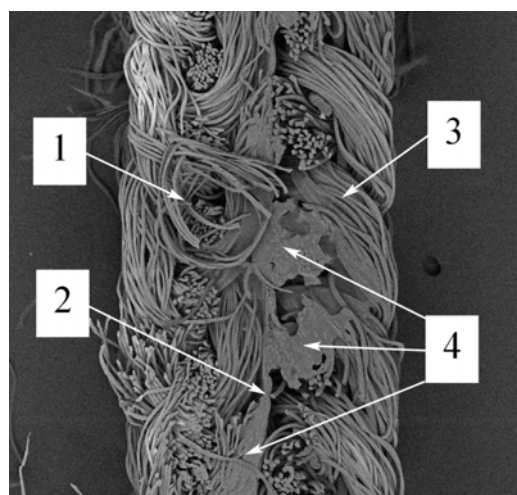


Рис. 2. Микрофотография мембранного материала (×180):

1 – полотно изнаночной стороны; 2 – полимерная мембрана; 3 – полотно лицевой стороны;
4 – связующее, глубоко проникшее в структуру текстильных полотен

Т а б л и ц а 2

Характеристика швейных ниток

Торговый номер	Состав	Линейная плотность, текс	Разрывная нагрузка, Н	Направление крутки	Число комплексных нитей / филаментов в каждой нити
140	Полиэфир	22	8,5	Z	2/50
120	Полиэфир	27,5	12,4	Z	2/40
100	Полиэфир	33	16,2	Z	2/40

Подготовка проб со швами осуществлялась на универсальной промышленной швейной машине челночного стежка Jack-F4, оснащенной дифференциальным двигателем ткани и тefлоновой лапкой. Стачивание выполняли без закрепок, располагая элементарные пробы, заготавливаемые при одинаковых режимах стачивания, цепочкой, при скорости вращения главного вала около 2000 об/мин. Для каждого сочетания управляемых факторов заготавливали по 5 элементарных проб со швами.

До выполнения швов провели испытания материала на прорубаемость при различной геометрии острия иглы, используя рекоменду-

емые поставщиком и производителем игл варианты [8, 9]. Исследовали явную прорубку материала по методике ЦНИИШП, изложенной в источнике [10, с. 124], при воздействии на полотно игл № 80 с различными типами заточки острия: SES, SPI, KN. По результатам сравнения количества проколов, разрушивших структуру лицевого полотна, с общим числом проколов выбрали для участия в эксперименте иглу с заточкой острия типа KN (удлиненное тонкое острие). При использовании такой иглы получили наименьшее количество проколов, нарушивших структуру лицевого полотна (12 из 100).

Для оптимизации ниточных соединений по параметрам прочности и износостойкости проводили полный факторный эксперимент. Варьировали следующие параметры стачивания: диаметр швейной иглы, линейную плотность швейных ниток, частоту строчки. Критерием прочности принята разрывная нагрузка шва, а критерием износостойкости – показатель разрывной нагрузки шва после многоциклового растяжения и изгиба.

До и после моделирования эксплуатационного износа проводили исследование разрывной нагрузки швов по ГОСТ 28073–89 «Изделия

швейные. Методы определения разрывной нагрузки, удлинения ниточных швов, раздвигаемости нитей ткани в швах». Испытания проводили на разрывной машине РТ-250 в аккредитованной лаборатории центра испытаний УО «ВГТУ».

Диапазон и интервалы варьирования управляемых факторов определяли исходя из результатов предварительного исследования. Управляемые факторы и уровни их варьирования представлены в табл. 3. Матрица планирования эксперимента представлена в табл. 4. Результаты эксперимента обработаны с помощью программы Statistica for Windows.

Т а б л и ц а 3

Управляемые факторы и уровни их варьирования

Обозначение и наименование фактора	Уровень варьирования			Интервал
	-1	0	+1	
X_1 – количество стежков на 5 см строчки	18	22	26	4 ст./5 см
X_2 – диаметр иглы, 10^{-2} мм	70	75	80	$5 \cdot 10^{-2}$ мм
X_3 – линейная плотность ниток, текс	22	27,5	33	5,5 текс

Т а б л и ц а 4

Матрица планирования эксперимента

№ опыта	Кодированные значения			Натуральные значения			Y1	Y2
	X_1	X_2 , 10^{-2} мм	X_3 , текс	X_1	X_2 , 10^{-2} мм	X_3 , текс		
Поперек шва								
1	+1	+1	+1	26	80	33	256	177
2	+1	+1	-1	26	80	22	191	170
3	+1	-1	+1	26	70	33	228	175
4	+1	-1	-1	26	70	22	179	158
5	-1	-1	+1	18	70	33	151	135
6	-1	+1	+1	18	80	33	202	105
7	-1	+1	-1	18	80	22	107	84
8	-1	-1	-1	18	70	22	111	98
9	0	0	0	22	75	27,5	268	255
Вдоль шва								
10	+1	+1	+1	26	80	33	125	119
11	+1	+1	-1	26	80	22	91	45
12	+1	-1	+1	26	70	33	131	128
13	+1	-1	-1	26	70	22	124	91
14	-1	-1	+1	18	70	33	176	162
15	-1	+1	+1	18	80	33	79	68
16	-1	+1	-1	18	80	22	51	46
17	-1	-1	-1	18	70	22	141	93
18	0	0	0	22	75	27,5	135	78

Примечание. Y1 и Y2 – разрывная нагрузка, Н соответственно до и после 15 000 циклов растяжения пробы на 10 %.

Уравнения регрессии для исследуемых образцов швов до и после многоциклового растяжения поперек шва имеют вид:

$$Y1 = 8,9X_1 - 2,34X_2 - 7,05X_3 + 0,17X_2X_3; \quad (1)$$

$$Y2 = -1,23X_2 + 7,19X_3 + 0,1X_1X_2 - 0,07X_2X_3. \quad (2)$$

Оценка качества моделей показала, что регрессионная модель (1) объясняет 99 %, модель (2) – 98 % изменений выходного параметра. Коэффициенты регрессионных уравнений значимы. Исходя из анализа коэффициентов

уравнения (1) можно сделать вывод, что на разрывную нагрузку исследуемого шва при растяжении его поперек строчки больше всего влияет частота строчки – чем больше стежков на единицу длины шва, тем выше значение разрывной нагрузки и выше его прочность. Вторым по значимости фактором является линейная плотность швейной нитки, чем она меньше (при одновременном увеличении частоты строчки), тем больше прочность шва. Достаточно сильное влияние оказывает диаметр иглы – чем толще игла, тем меньше разрывная нагрузка шва.

После 15 000 циклов растяжения образца вдоль шва на 10 % от начальной длины и его изгиба разрывная нагрузка шва является характеристикой износостойкости и изменяется по другой модели. Наибольшее влияние на параметр выхода оказывает линейная плотность ниток – чем она меньше, тем меньше износостойкость шва. Влияние диаметра иглы такое же, как и в модели (1) – чем толще игла, тем меньше износостойкость шва. Совместное влияние управляемых факторов наблюдается, но оно на порядок меньше влияния линейной плотности швейных ниток и диаметра иглы.

Уравнения регрессии для исследуемых образцов швов до и после многоциклового растяжения вдоль шва имеют вид (3), (4). Оценка качества моделей показала, что регрессионная модель (3) объясняет 99 %, (4) – 91 % изменений выходного параметра. Коэффициенты регрессионных уравнений значимы.

$$Y1 = 2048,3 - 68,6X_1 - 26,9X_2 + 0,93X_1X_2 - 0,032X_2X_3; \quad (3)$$

$$Y2 = 335,3 - 4,9X_2 + 4,6X_3. \quad (4)$$

Анализ коэффициентов модели (3) показывает, что разрывная нагрузка шва при его растяжении вдоль шва сильнее всего зависит от частоты строчки. Причем зависимость эта противоположна выявленной при анализе модели (1) растяжения поперек шва. Для растяжения вдоль шва получено, что чем больше стежков на единицу длины строчки, тем меньше разрывная нагрузка и прочность шва. Диаметр иглы влияет негативно – чем он больше, тем прочность шва ниже. Совместное влияние варьируемых факторов модели присутствует, но оценивается невы-

соко, поскольку коэффициенты при парных произведениях переменных значительно меньше, чем коэффициенты при влияющих на параметр выхода переменных X_1 (частота строчки) и X_2 (диаметр иглы).

Как и для модели (2), отражающей изменение износостойкости поперек шва, в модели (4) для износостойкости шва при его многократном растяжении вдоль на 10 % от первоначальной длины наблюдается схожее влияние варьируемых факторов: чем меньше линейная плотность ниток и чем толще игла, тем меньше разрывная нагрузка шва. Так же, как и в модели (2), в модели (4) незначима частота строчки.

ВЫВОДЫ

1. В результате оптимизации ниточных соединений по параметрам прочности и износостойкости выявлено, что для получения прочного ниточного соединения мембранного трехслойного материала на трикотажной основе необходимо выполнять стачивание иглой с наименьшим диаметром стержня из рекомендуемых для соответствующей толщины материала.

2. Чтобы при высокой прочности получить наибольшую устойчивость к растяжению в направлении как вдоль, так и поперек строчки ниточное соединение необходимо выполнять при средней частоте стежка и средней линейной плотности швейных ниток из установленного в эксперименте диапазона варьирования.

3. Рекомендуемыми режимами для исследуемого материала являются следующие: номер иглы – 70 с заточкой острия KN; номер ниток – 120 (линейная плотность 27,5 текс); частота стежка – 22 стежка в 5 см строчки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Эксплуатационные свойства материалов для одежды и методы оценки их качества / К. Г. Гущина, С. А. Беляева, Е. Я. Командрикова [и др.]. М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984. 312 с.
2. Бодяло Н. Н., Ульянова Н. В. Определение условий качественного соединения трикотажных полотен на универсальных швейных машинах // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2019. № 2(37). С. 12–20.
3. Бондаренко Л. И., Метелева О. В. Обеспечение комплекса защитных свойств соединений спец-одежды // Технология текстильной промышленности. 2020. № 1(385). С. 184–188.
4. Самарская Н. Н., Самойлова М. В. Ассортимент и технологические свойства современных мембранных материалов // Инженерно-педагогический вестник: легкая промышленность. 2018. № 4(7). С. 65–71.
5. Туханова В. Ю., Тихонова Т. П., Федотова И. В. Исследование конструкции узла швейного изделия «накладной карман» с целью инженерного конфекционирования материалов // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21, № 1. С. 94–98.
6. Шустов Ю. С. Основы научных исследований свойств текстильных материалов : монография. М. : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2012. 120 с.

7. Туханова В. Ю., Тихонова Т. П., Федотова И. В. Методы оценок потребительских свойств материалов и конструкций узлов швейных изделий при инженерном конфекционировании : учебное пособие. М. : Издательский дом Академии естествознания, 2017. 144 с.
8. Официальный сайт межрегиональной компании «Мир швейных машин». URL: <https://kntism.by/catalog/shveynye-igly-schmetz> (дата обращения: 10.03.2021).
9. Официальный сайт компании «Фурнитоп». URL: https://www.furnitop.by/catalog/igly_shveynye (дата обращения: 12.03.2021).
10. Бuzов Б. А., Алыменкова Н. Д., Петропавловский Д. Г. Практикум по материаловедению швейного производства : учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. 2-е изд., стер. М. : Академия, 2004. 416 с.

REFERENCES

1. Eksploatatsionnye svoystva materialov dlya odezhdy i metody ocenki ih kachestva / K. G. Gushchina, S. A. Belyaeva, E. Ya. Komandrikova [i dr.]. M. : Leg. i pishch. prom-st', 1984. 312 s.
2. Bodyalo N. N., Ul'yanova N. V. Opredelenie uslovij kachestvennogo soedineniya trikotazhnyh poloten na universal'nyh shvejnyh mashinah // Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2019. № 2(37). S. 12–20.
3. Bondarenko L. I., Meteleva O. V. Obespechenie kompleksa zashchitnyh svoystv soedinenij specodezhdy // Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2020. No 1(385). S. 184–188.
4. Samarskaya N. N., Samojlova M. V. Assortiment i tekhnologicheskie svoystva sovremennyh membran'nyh materialov // Inzhenerno-pedagogicheskij vestnik: legkaya promyshlennost'. 2018. No 4(7). S. 65–71.
5. Tuhanova V. YU., Tihonova T. P., Fedotova I. V. Issledovanie konstrukcii uzla shvejnogo izdeliya «nakladnoj karman» s cel'yu inzhenernogo konfeksionirovaniya materialov // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. 2018. T. 21, No 1. S. 94–98.
6. SHustov YU. S. Osnovy nauchnyh issledovanij svoystv tekstil'nyh materialov : monografiya. M. : MGTU im. A. N. Kosygina, 2012. 120 s.
7. Tuhanova V. YU., Tihonova T. P., Fedotova I. V. Metody ocenok potrebitel'skih svoystv materialov i konstrukcij uzlov shvejnyh izdelij pri inzhenernom konfeksionirovanii : uchebnoe posobie. M. : Izdatel'skij dom Akademii estestvoznaniya, 2017. 144 s.
8. Oficial'nyj sajt mezhregional'noj kompanii «Mir shvejnyh mashin». URL: <https://kntism.by/catalog/shveynye-igly-schmetz> (data obrashcheniya: 10.03.2021).
9. Oficial'nyj sajt kompanii «Furnitop». URL: https://www.furnitop.by/catalog/igly_shveynye (data obrashcheniya: 12.03.2021).
10. Buzov B. A., Alymenkova N. D., Petropavlovskij D. G. Praktikum po materialovedeniyu shvejnogo proizvodstva : uchebnoe posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij. 2-e izd., ster. M. : Akademiya, 2004. 416 s.

Статья поступила в редакцию 26.04.2021
Принята к публикации 27.05.2021