

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ТЕРМОСТОЙКИХ  
ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ПРЯЖИ И НИТЕЙ ДЛЯ ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ

*Костин П.А., аспирант, Замостоцкий Е.Г., к.т.н., доцент, Коган А.Г., д.т.н., профессор.*

Производство термостойких и электропроводящих нитей является одним из наиболее развивающихся современных производств текстильных материалов. На основе электропроводящих нитей можно получить экранирующие и антистатические текстильные материалы, защитную спецодежду, обладающую высокой удельной проводимостью, для людей, работающих в условиях повышенной опасности.

Высокая термостойкость нитей и пряжи позволяет эксплуатировать изделия при температуре 250°C сроком до 3 лет, кратковременно изделия выдерживают температуру до 400°C, при этом практически не усаживаются и не плавятся.

Высокая гигроскопичность арселоновых волокон, подобная хлопку, способность окрашиваться, пониженная горючесть, сохранение эластических свойств при низких температурах позволяют использовать нити, пряжу в тканях и нетканых материалах для изготовления спецодежды и средств индивидуальной защиты (костюмов, перчаток, рукавиц) [1].

Кафедрой ПНХВ УО «ВГТУ» в условиях РУП «БПХО» г. Барановичи разработана новая технология получения термостойкой электропроводящей пряжи по кардной системе прядения хлопка с применением модернизированной пневмомеханической прядильной машины ППМ-120МС с полым ротором, где в качестве сырья используется арселоновое волокно и медная микропроволока. На машине дополнительно установлены узлы питания (питающие валики) для подачи в структуру пряжи медной микропроволоки.

Сущность предложенного способа формирования термостойкой электропроводящей пряжи состоит в том, что в рабочую зону прядильной камеры вместе с дискретным потоком арселоновых волокон подается с определенной постоянной скоростью медная микропроволока линейной плотности 18 текс, которая обкручивает формируемую в камере пряжу. Полученная комбинированная термостойкая электропроводящая пряжа выводится из камеры и наматывается на бобину. Структура комбинированной термостойкой электропроводящей пряжи зависит от скорости подачи медной микропроволоки и от ее натяжения.

Линейная плотность комбинированной электропроводящей пряжи определяется по формуле:

$$T_{комб} = (T_{мпр} + T_{мычки}) \cdot K_y \quad (1)$$

где  $T_{комб}$  - линейная плотность комбинированной термостойкой электропроводящей пряжи, текс;

$T_{м.пр}$  - линейная плотность медной микропроволоки (в нашем случае  $T = 18$  текс);

$T_{мычки}$  - линейная плотность арселоновой мычки, текс;

$K_y$  - коэффициент укрутки, по расчетам составляет 0,98.

Для определения степени влияния технологических параметров работы пневмомеханической прядильной машины ППМ-120 на качественные характеристики пряжи, был проведен двухфакторный эксперимент по матрице Бокса, которая является D-оптимальным планом второго порядка. Исследуемые факторы и интервалы их

варьирования были выбраны в соответствии с техническими характеристиками оборудования и результатами предварительных экспериментов и представлены в таблице 1.

В качестве критериев оптимизации были выбраны: разрывная нагрузка  $P$ , сН; разрывное удлинение  $L$ , %; коэффициент вариации по разрывной нагрузке  $C_{vp}$ , %; коэффициент вариации по разрывному удлинению  $C_{vl}$ , %.

Таблица 1 - Таблица интервалов и уровней варьирования факторов.

Параметры	Уровни варьирования факторов			Интервал варьирования факторов
	-1	0	1	
Крутка, кр/м, X	850	950	1050	100
Коэффициент нагона медной микропроволоки, сН, Y	1	1,03	1,06	0,03

Запланированный эксперимент был проведен в производственных условиях РУП «БПХО». Область ограничений выбрана в соответствии с техническим описанием получения комбинированной электропроводящей пряжи.

Используя метод положения графической интерификации графических моделей, построена область совмещенных линий равных уровней, для принятых показателей качества термостойкой комбинированной электропроводящей пряжи линейной плотности 60 текс (рисунок 1).

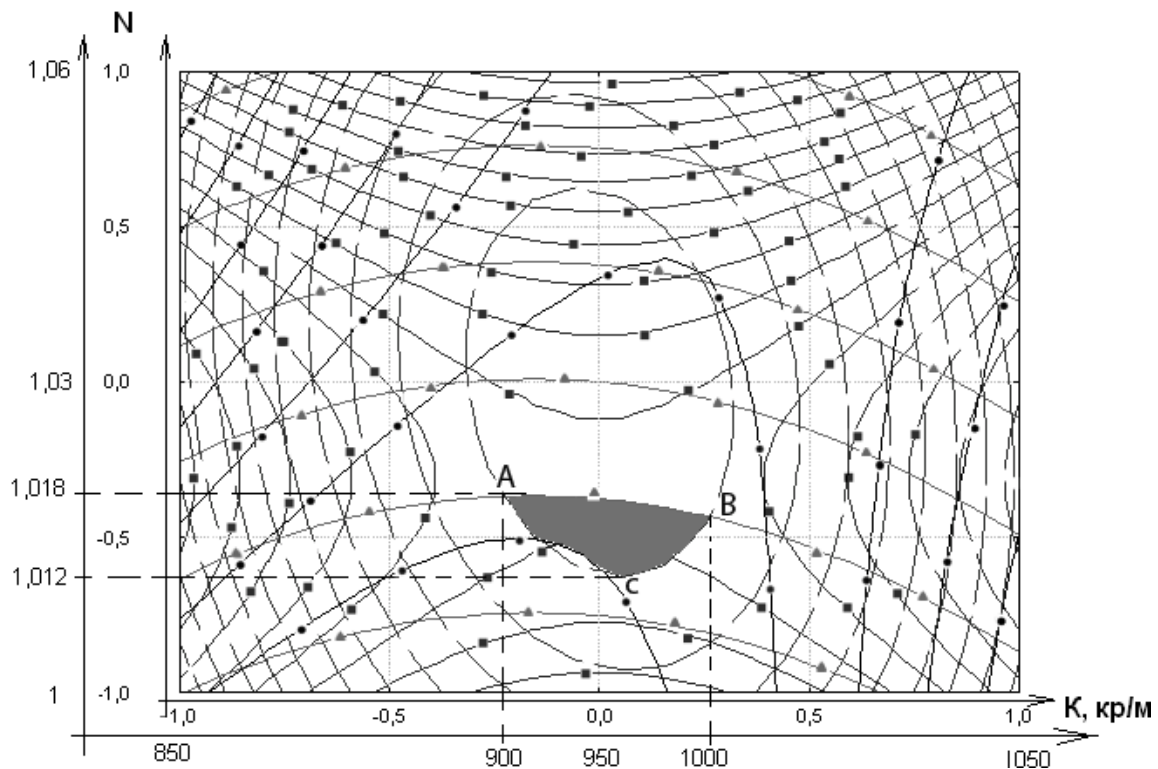


Рисунок 1 – Совмещенные линии равных уровней для принятых показателей качества комбинированной термостойкой электропроводящей пряжи  $T=60$  текс

- - разрывная нагрузка  $P$ ;
- ▲— - коэффициент вариации по разрывной нагрузке  $C_{vp}$ ;
- - разрывное удлинение  $L$ ;
- ▲— - коэффициент вариации по разрывному удлинению  $C_{vl}$ .

Получена область рациональных значений, и при анализе данной области можно отметить, что для получения комбинированной термостойкой электропроводящей пряжи  $T=60$  текс заданного качества из области ограничений, необходимо использовать  $X$  (крутку) от 900 до 1000 кр/м и  $Y$  (нагон медной микропроволоки) от 1,012 до 1,018.

Кафедрой ПНХВ УО «ВГТУ» в условиях ОАО «ВКШТ» г. Витебск разработана новая технология получения термостойких электропроводящих нитей в два перехода с использованием тростильно-крутильной машины ТК-2-160М. На первом переходе скручивается комплексная арселеновая нить с микропроволокой в правом направлении, а на втором переходе для стабилизации полученная нить с первого перехода скручивается с комплексной арселеновой нитью в левом направлении.

В качестве компонентов для первого кручения используются комплексные арселеновые нити линейной плотности 29,4 текс производства РУП «Светлогорское ПО «Химволокно» и медная микропроволока  $T=18$  текс диаметром 0,05мм.

В качестве компонентов для второго кручения используются нить первичной крутки и комплексные арселеновые нити линейной плотности 29,4 текс производства РУП «Светлогорское ПО «Химволокно».

Линейная плотность комбинированной термостойкой электропроводящей нити (75 текс) определяется по формуле:

$$T_{\text{комб.нити}} = T_{\text{сер}} + T_{\text{микро.пров}} \cdot K_{\text{микро.пров}} + T_{\text{обкр}} \cdot K_{\text{обкр}} ; \quad (1)$$

где  $T_{\text{сер}}$  – линейная плотность сердечника (29,4 текс);

$T_{\text{микро.пров}}$  – линейная плотность микропроволоки (18 текс);

$T_{\text{обкр}}$  – линейная плотность обкручивающего компонента (29,4 текс);

$K_{\text{микро.пров}}$  – коэффициент нагона микропроволоки 1,025;

$K_{\text{обкр}}$  – коэффициент нагона обкручивающего компонента 1,02.

Для определения степени влияния технологических параметров работы тростильно-крутильной машины ТК-2-160М на качественные характеристики нити, был проведен эксперимент, факторы которого и интервалы их варьирования представлены в таблице 2.

В качестве критериев оптимизации были выбраны: абсолютная разрывная нагрузка,  $P$ , сН; разрывное удлинение,  $L$ , %; коэффициент вариации по разрывной нагрузке  $C_{vr}$ ,%; коэффициент вариации по разрывному удлинению  $C_{vl}$ ,%.

Запланированный эксперимент был проведен в производственных условиях ОАО «ВКШТ».

Таблица 2 - Таблица интервалов и уровней варьирования факторов.

Параметры	Уровни варьирования факторов			Интервал варьирования факторов
	-1	0	1	
Первичная крутка, кр/м, $X$	400	485	570	85
Вторичная крутка, кр/м, $Y$	480	525	570	45

Используя метод положения графической интерификации графических моделей, построена область совмещенных линий равных уровней, для принятых показателей качества термостойкой комбинированных электропроводящей нити линейной плотности 75 текс (рисунок 2).

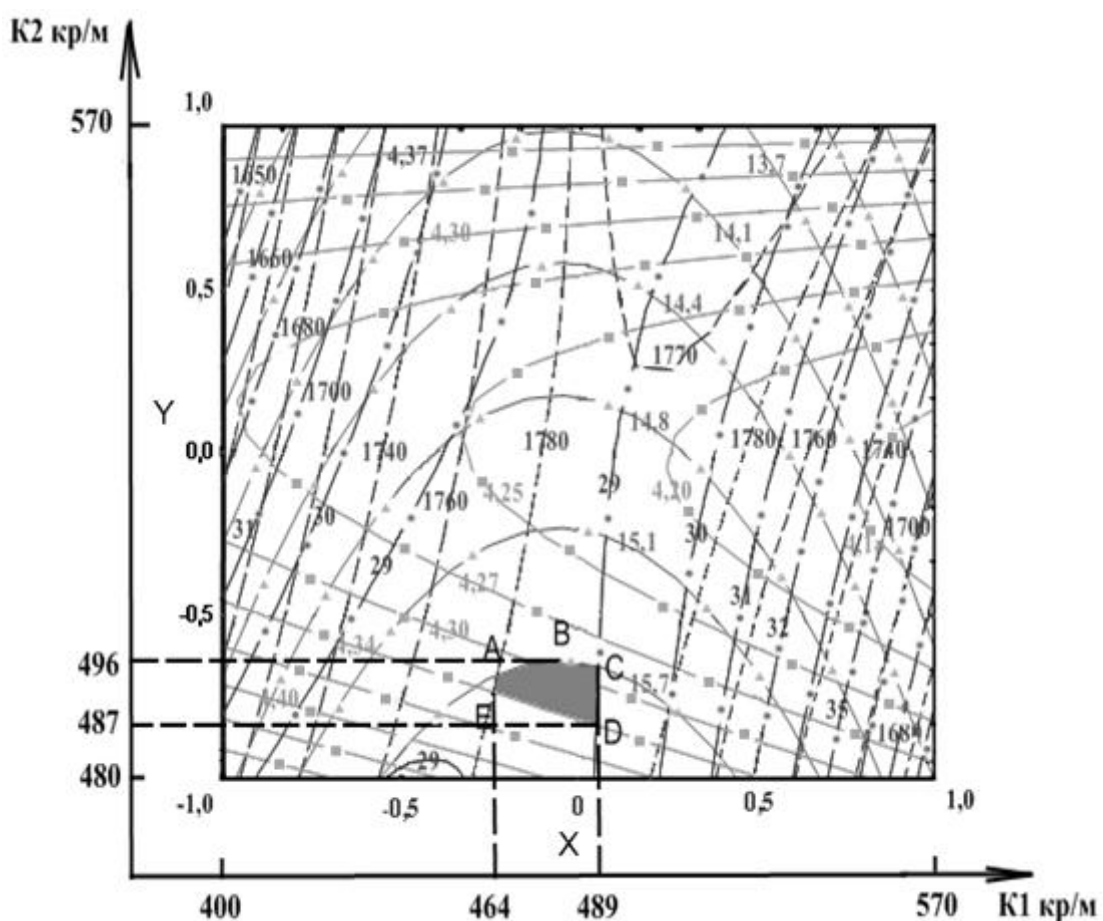


Рисунок 2 – Совмещенные линии равных уровней для принятых показателей качества комбинированной электропроводящей нити линейной плотности 75 текс

- разрывная нагрузка P: не менее 1780 сН;
- разрывное удлинение L: не менее 15,7 %;
- коэффициент вариации по разрывной нагрузке Cvp: менее 4,3 %;
- коэффициент вариации по разрывному удлинению Cvl: менее 29%.

Проанализировав полученные модели можно сделать следующие выводы:

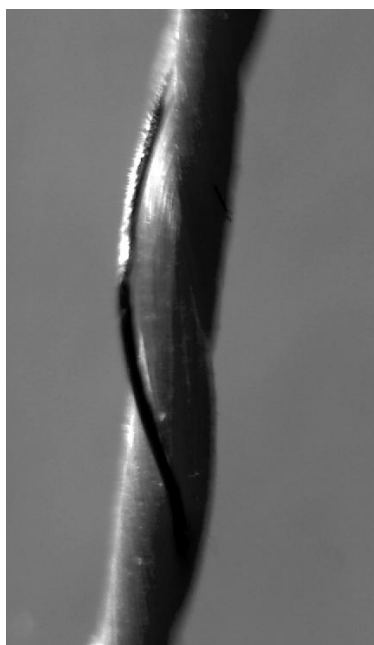
1. Для определения области оптимальных значений, накладываем ограничения на выходные параметры.
2. Получена область рациональных значений ABCDE. При анализе данной области можно отметить, что для получения комбинированной арселоновой электропроводящей нити линейной плотности 75 текс заданного качества необходимо использовать X (первичная крутка) от 465 кр/м до 490 кр/м, и Y (вторичная крутка) от 485 кр/м до 495 кр/м.

По предложенным заправочным параметрам наработаны опытные партии комбинированных электропроводящих пряжи и нитей, физико-механические и электрофизические свойства которых представлены в таблице 3.

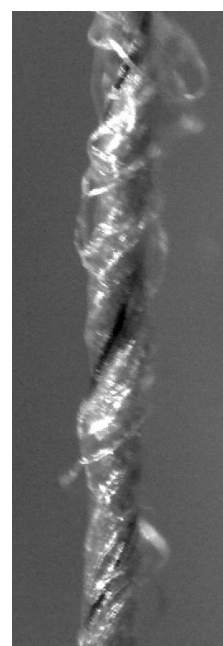
Таблица 3 – Физико-механические свойства термостойких электропроводящих пряжи и нити

Показатель	Термостойкая электропроводящая пряжа	Термостойкая электропроводящая нить
Линейная плотность T, текс	60	75
Коэффициент вариации линейной плотности Cvt, %	9,6	6,8
Разрывная нагрузка P, сН	480	1800
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке Cvp, %	8,6	7,3
Разрывное удлинение L, %	14	15
Коэффициент вариации по разрывному удлинению Cvl, %	14,5	12,3
Диаметр электропроводящей пряжи d, мм	0,155	0,235
Крутка K, кр/м	950	480/480
Кислородный индекс Ки, %	27	27,8

Фотографии опытных образцов комбинированных термостойких пряжи и нити под микроскопом представлены на рисунке 3 (А-нить и 3 Б-пряжа соответственно).



А)



Б)

Рисунок 3 – Фотография комбинированной термостойкой электропроводящей нити и пряжи под микроскопом

На базе сертифицированной лаборатории УО «ВГТУ» в соответствии с ГОСТ 19806—74 на приборе ИЭСН-2 проведены испытания по определению электрического поверхностного сопротивления полученной комбинированной термостойкой электропроводящей пряжи линейной плотности T=60 текс, комбинированной термостойкой электропроводящей нити линейной плотности T=75 текс, арселоновой

комплексной нити T=29,4 текс, а так же арселеновой пряжи T=42 текс. Результаты испытаний представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты испытаний электрического сопротивления исходных компонентов и термостойких электропроводящих нитей и пряжи

	Среднее результатов измерений $R_{изм}$ , Ом
Арселеновая пряжа T=42 текс	$4,42 \cdot 10^9$
Комбинированная термостойкая электропроводящая пряжа T=60 текс	$2,3 \cdot 10^2$
Арселеновая комплексная нить T=29текс	$3,6 \cdot 10^9$
Комбинированная термостойкая электропроводящая нить T=75 текс	$0,52 \cdot 10^2$

Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см ( $R_{1CM}$ , Ом) вычисляют по формуле:

$$R_{1CM} = R_{изм} \cdot n_1 \cdot n_2, \quad (2)$$

Где  $R_{изм}$  — среднее арифметическое результатов измерений, Ом;

$n_1$  — число контактных групп в датчике;

$n_2$  — число витков нити на датчике.

Удельное поверхностное электрическое сопротивление пряжи ( $R_{удс}$ , Ом) вычисляют по формуле:

$$R_{удс} = \frac{0,01 \cdot R_{1CM}}{l} \cdot \sqrt{\frac{T}{\rho}}, \quad (3)$$

где  $l$  — длина пряжи, равная расстоянию между электродами (0,01 м);

$T$  — номинальная линейная плотность пряжи, текс;

$\rho$  — средняя плотность комбинированной пряжи, г/м<sup>3</sup>.

График сравнения удельного поверхностного электрического сопротивления электропроводящей пряжи линейной плотности T=60 текс, комбинированной термостойкой электропроводящей нити линейной плотности T=75 текс, арселеновой комплексной нити T=29,4 текс, а так же арселеновой пряжи T=42 текс представлен на рисунке 4.

Среднюю плотность комбинированной нити и пряжи вычисляют по формуле:

$$\rho_{ТЭП(ТЭН)} = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i \cdot x_i}{n}, \quad (4)$$

$$\rho_{ТЭП} = \frac{1,4 \cdot 0,7 + 8,9 \cdot 0,3}{2} = 1,82 \text{ г} / \text{м}^3;$$

$$\rho_{ТЭН} = \frac{1,44 \cdot 0,76 + 8,9 \cdot 0,24}{2} = 1,61 \text{ г} / \text{м}^3;$$

где  $\rho_{ТЭП}$  - средняя плотность комбинированной термостойкой электропроводящей пряжи, г/м<sup>3</sup>;

$\rho_{ТЭН}$  - средняя плотность комбинированной термостойкой электропроводящей нити, г/м<sup>3</sup>;

$\rho_i$  - средняя плотность i-го компонента арселеновой нити (пряжи), г/м<sup>3</sup>;

$x_i$  - долевое вложение i-го компонента в арселеновой нити (пряжи);

$n$  – количество компонентов в комбинированной пряже и нити, 2;

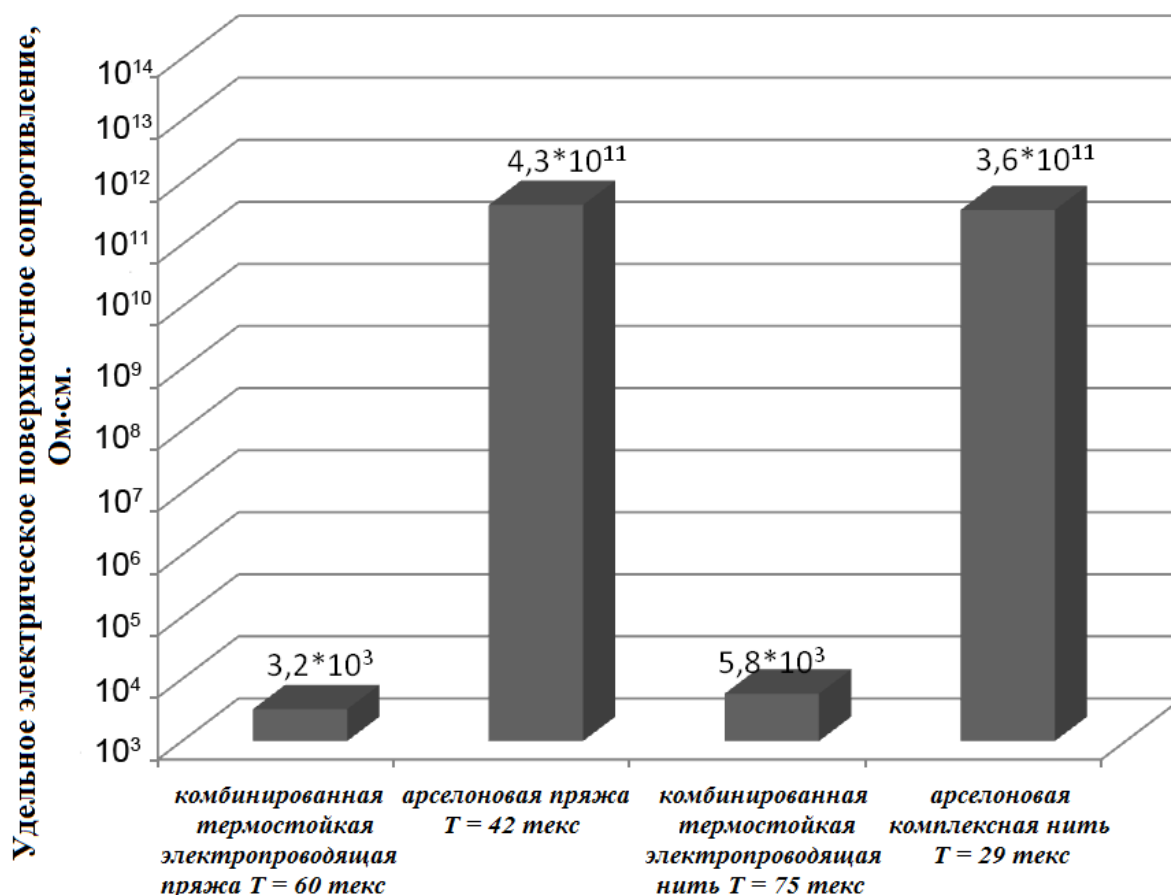


Рисунок 4 – Удельное поверхностное электрическое сопротивление исследованных текстильных нитей

Установлено, что введение медной микропроволоки в структуру термостойкой арселеновой пряжи и нити приводит к снижению электрического сопротивления на 10 порядков (с  $10^{14}$  до  $10^4$  Ом) по сравнению с арселеновыми комплексными нитями и пряжей, а удельного поверхностного электрического сопротивления на 8 порядков (с  $10^{11}$  до  $10^3$  Ом·см), что позволяет использовать разработанные нити и пряжу в производстве термостойких тканей специального назначения с антистатическим эффектом.

В Республике Беларусь в настоящее время используется спецодежда с введением в структуру ткани зарубежных электропроводящих нитей, которые имеют известные недостатки, прежде всего низкое разрывное удлинение и высокую стоимость. Предложенные технологии позволяют начать выпуск термостойких электропроводящих нитей и пряжи на имеющемся отечественном парке оборудования с меньшей себестоимостью и необходимыми качественными характеристиками для тканей, используемых при изготовлении специальной одежды для работников МЧС, горнодобывающей отрасли, пожарных, и т.д.

Библиографический список.

1. Коган А.Г. Производство многокомпонентных пряж и комбинированных нитей / А.Г. Коган, Д.Б. Рыклин. – Витебск: УО «ВГТУ» 2002. – 215 с.
2. Кукин Г.Н. Текстильное материаловедение ( волокна и нити) / Г.Н. Кукин, А.Н. Соловьев, А.И. Колбяков; под ред. Кукина. – Москва : Легпромбытиздат, 1989. – 352 с.