

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАМЕТРА КОТОНИНСОДЕРЖАЩЕЙ ПРЯЖИ

### COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING THE DIAMETERS OF COTTONIZED FLAX FIBER

УДК 677.017.224:677.024.1

**Е.С. Милеева\*, Г.В. Казарновская**

*Витебский государственный технологический университет*

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13905>

**K. Mileeva\*, G. Kazarnovskaya**

*Vitebsk State Technological University*

#### РЕФЕРАТ

*КОТОНИНСОДЕРЖАЩАЯ ПРЯЖА, ДИАМЕТР, ФОТОГРАФИЯ ВНЕШНЕГО ВИДА ПРЯЖИ, ОБЪЁМНАЯ ПЛОТНОСТЬ, ПАРАМЕТРЫ СТРОЕНИЯ ТКАНИ, ПОВЕРХНОСТНАЯ ПЛОТНОСТЬ*

*Работа посвящена исследованию диаметра котонинсодержащей пряжи пневмомеханического способа формирования тремя методами: по фотографиям внешнего вида пряжи с включенным нижним светом, без него и с помощью прибора USTER TESTER 6.*

*Целью работы является нахождение диаметра котонинсодержащей пряжи линейной плотности 50 текс и 110 текс, полученного тремя методами. В результате сравнительного анализа по итогам проектирования ткани по заданной поверхностной плотности установлены рациональные методы определения диаметра.*

*Объектом исследования является льнохлопковая пряжа линейной плотности 110 текс (85 % – котонизированный лен, 15 % – хлопок) и 50 текс (35 % – котонизированный лен, 65 % – хлопок) с различными крутками, полученной пневмомеханическим способом формирования.*

*Установлено влияние линейной плотности, сырьевого состава, крутки нитей на их диаметры. Произведен расчет основных параметров строения ткани, спроектирована по заданной поверхностной плотности ткань однослойного строения с использованием в основе льняной пряжи мокрого прядения линейной плотностью 56 текс, а в утке – пневмомеханической пряжи линейной плотностью 50 текс. Ткань полотняного переплетения выработана в производственных условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат».*

#### ABSTRACT

*COTTONIZED FLAX FIBER, DIAMETER, A PHOTOGRAPH OF YARN APPEARANCE, PACKAGE DENSITY, GRAIN PARAMETERS OF FABRIC, AREA DENSITY*

*The work is devoted to the study of the diameter of cottonin-containing open-end yarn formed by three following ways: by photographs of the yarn appearance using the bottom light, without it and with the help of USTER TESTER 6.*

*The aim of this work is the search for the diameter of cottonin-containing yarn with linear density of 50 tex and 110 tex, produced by means of three methods. As a result, rational methods to determine the diameter have been developed based on the comparative analysis of the results of fabrics design according to a given surface density.*

*The object of the study is the flax open-end yarn with a linear density of 110 tex (85 % cottonized flax, 15 % cotton) and 50 tex (35 % cottonized flax, 65 % cotton) with various twists.*

*The influence of linear density, raw material composition, and yarn twist on their fiber diameters was determined. The calculation of the main parameters of the fabric structure was done, a single-layer fabric was designed according to the given surface density using wet-spun linen yarn with a linear density of 56 tex, and open-end yarn with a linear density of 50 tex in the weft. The fabric of the plain weave was produced at Orsha Linen Industrial Complex.*

\* E-mail: [kati.mileeva@gmail.com](mailto:kati.mileeva@gmail.com) (K. Mileeva)

Множество работ посвящено изучению параметров строения тканей и разработке методик их проектирования по заданным свойствам [1–5]. Их анализ свидетельствует, что одним из основных факторов, на основе которых созданы различные методы проектирования тканей, является диаметр нитей. Известно, что он зависит от сырьевого состава, способа получения и линейной плотности пряжи. Диаметр влияет на ключевые характеристики ткани: плотность по основе и по утку, заполнение, поверхностную плотность суровой и готовой ткани, уработку нитей основы и утка, ее строение, а именно на порядок фазы строения, высоту волны изгиба нитей основы и нитей утка и максимальную плотность по основе и по утку. Точное его значение позволит снизить погрешность в проектировании тканей и, как следствие, приведет к минимальной разности между расчетными данными и фактическими, полученными по наработанному образцу ткани.

Целью работы является выявление рациональных методов определения диаметра котонинсодержащей пряжи пневмомеханического способа формирования, позволяющих определить его значения для расчета параметров строения тканей при проектировании их по заданным свойствам.

Объектом исследования являлась льнохлопковая пряжа линейной плотности 110 *текс* (85 % – котонизированный лен, 15 % – хлопок) и 50 *текс* (35 % – котонизированный лен, 65 % – хлопок) с различными крутками, полученные пневмомеханическим способом формирования.

Для достижения цели работы поставлены и выполнены следующие задачи:

- определены различными способами и проанализированы диаметры пряжи линейной плотности 110 *текс* и 50 *текс* с различным содержанием хлопка и котонизированного льняного волокна и с круткой в диапазоне от 700 *кр./м* до 1100 *кр./м*;
- установлено влияние крутки на диаметр пряжи пневмомеханического способа формирования;
- определено влияние структурных особенностей пряжи, таких как сырьевого состава, формы и размера поперечного сечения, объёмности, крутки на параметры строения ткани;
- на примере проектирования ткани одно-

слойного строения по заданной поверхностной плотности установлены рациональные методы определения диаметра пряжи.

При проведении микроскопии традиционно используют нижний источник света, направляют его на рассматриваемый объект, равномерно освещая поле зрения. При проведении предварительных измерений диаметра пряжи по фотографиям ее внешнего вида под микроскопом установлено, что диаметр одного и того же участка пряжи существенно отличался при включенном нижнем свете и без него. Поэтому в данной работе определение диаметра пряжи осуществлялось двумя способами микроскопии по фотографиям ее внешнего вида, выполненным без включенного нижнего света (способ 1), с ним (способ 2) и дополнительно с помощью прибора USTER TESTER 6 (способ 3).

Диаметр пряжи пневмомеханического способа формирования различного сырьевого состава, линейной плотности, крутки определялся с помощью микроскопа «Микромед» с камерой USMOS 03100KPA и прибора USTER TESTER 6.

Фотографии внешнего вида пряжи, выполненные под микроскопом, представлены на рисунке 1.

Анализ полученных изображений показал, что пряжа пневмомеханического способа прядения неоднородна по объёмной плотности. Волокна, формирующие стержень пряжи, расположены параллельно и прижаты друг к другу, при включенном нижнем свете они не пропускают свет. А волокна обивочного слоя в силу их хаотичного расположения и не плотного прилегания к стержню пряжи – просвечиваются. В результате проведенного эксперимента было установлено, что значение диаметра пряжи пневмомеханического способа формирования, определенное под микроскопом с включенным нижним светом, меньше, чем значение диаметра этого же отрезка пряжи, замеренное без включенного нижнего света.

Для достижения высокой точности результатов измерения диаметра исследуемой пряжи производились замеры на отрезках пряжи длиной 100 миллиметров с интервалом фотографирования  $10 \pm 1$  *мм*. В объектив камеры попадал участок пряжи длиной 1,25 *мм*. При десятикратном увеличении одному миллиметру соответ-

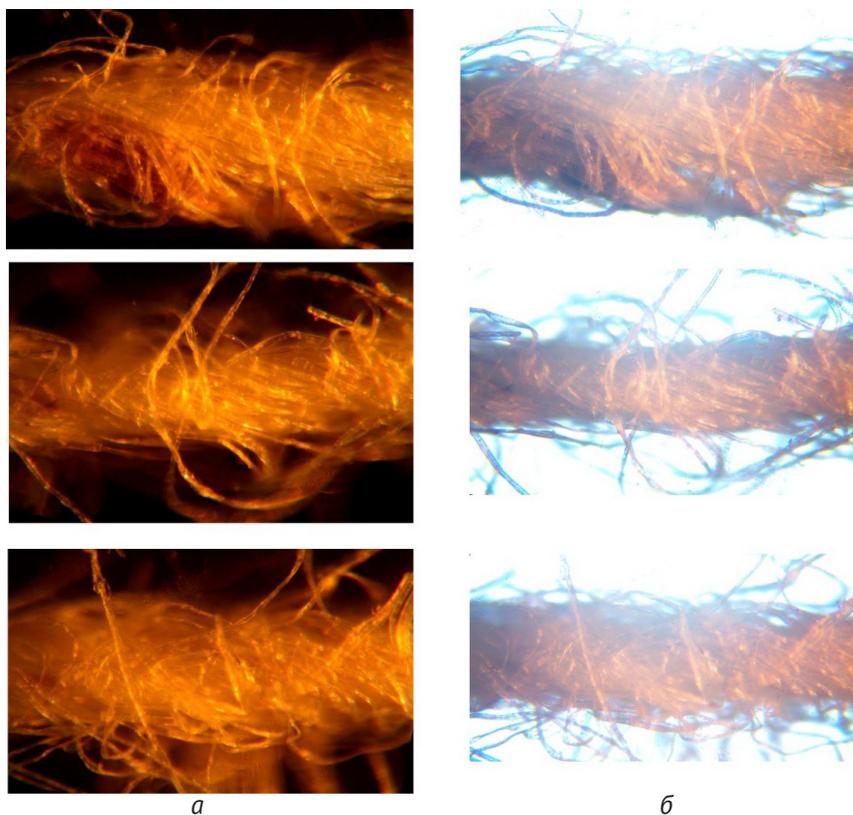


Рисунок 1 – Внешний вид пряжи под микроскопом: а) без включенного нижнего света, б) с включенным нижним светом

ствует 1634,8 пикселей. Далее на photographиях внешнего вида пряжи с интервалом  $0,114 \pm 0,006$  мм или  $180 \pm 10$  пикселей в Adobe Photoshop СС 2015.5 с помощью инструмента «линейка» выполнялись десять замеров толщины пряжи в пикселях на десяти участках. Исходя из вышеуказанной пропорции, значения диаметров переведены в миллиметры с целью удобства их сравнения для разных способов измерения.

Средние значения диаметров пряжи, определенные по десяти замерам на каждом из десяти участков, выполненные под микроскопом способом 1 и способом 2, приведены в таблице 1.

На рисунке 2 представлено изменение диаметра пряжи, как среднее из ста измерений, в зависимости от заправочной крутки в интервале от  $700$  кр./м до  $1100$  кр./м.

Из рисунка 2 видно, что независимо от линейной плотности, сырьевого состава и параметров настройки микроскопа с увеличением крутки диаметр пряжи уменьшается, соответственно,

снижается ее объёмность, то есть пряжа становилась более плотной, компактной. Разница между значениями диаметра, полученными по photographиям без включенного и с включенным нижним светом, для пряжи линейной плотностью  $50$  текс снижается при увеличении крутки, а для пряжи  $110$  текс – увеличивается.

На рисунке 3 приведены значения коэффициента вариации диаметра пряжи с круткой в диапазоне от  $700$  кр./м до  $1100$  кр./м.

Коэффициенты вариации по диаметру для пряжи  $50$  текс и  $110$  текс находятся в диапазоне от 6 до 13 %, на отдельных отрезках пряжи они доходили до 20 %, но не превышают значения неровноты пряжи на коротких отрезках [6]. Неровнота пряжи по линейной плотности пропорциональна неровноте по площади сечения пряжи, а неровнота по диаметру меньше неровноты по площади.

Микроскопия – единственный способ, который используется при измерении размеров

Таблица 1 – Средние значения диаметра котонинсодержащей пряжи

Крутка, кр./м	Пряжа линейной плотности 50 текс					Пряжа линейной плотности 110 текс				
	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100
Участок пряжи	Диаметр котонинсодержащей пряжи, мм									
1	0,499* 0,305**	0,355 0,301	0,293 0,247	0,227 0,211	0,282 0,235	0,606 0,364	0,483 0,369	0,567 0,394	0,544 0,286	0,432 0,265
2	0,382 0,254	0,242 0,205	0,359 0,242	0,344 0,270	0,231 0,213	0,641 0,360	0,594 0,313	0,557 0,341	0,690 0,263	0,524 0,365
3	0,411 0,346	0,536 0,392	0,404 0,274	0,417 0,302	0,309 0,231	0,631 0,361	0,696 0,391	0,627 0,351	0,704 0,352	0,364 0,320
4	0,400 0,309	0,318 0,253	0,503 0,375	0,267 0,201	0,396 0,280	0,674 0,335	0,630 0,697	0,456 0,290	0,577 0,418	0,605 0,215
5	0,395 0,265	0,430 0,231	0,411 0,273	0,389 0,308	0,488 0,281	0,689 0,518	0,697 0,420	0,545 0,266	0,567 0,216	0,679 0,305
6	0,430 0,306	0,392 0,239	0,357 0,247	0,388 0,293	0,276 0,246	0,632 0,521	0,670 0,432	0,389 0,304	0,374 0,333	0,568 0,393
7	0,358 0,261	0,382 0,273	0,300 0,233	0,526 0,377	0,320 0,221	0,544 0,401	0,501 0,419	0,544 0,352	0,601 0,339	0,408 0,367
8	0,415 0,287	0,361 0,281	0,334 0,224	0,360 0,233	0,336 0,241	0,599 0,476	0,680 0,412	0,677 0,445	0,673 0,430	0,517 0,271
9	0,385 0,296	0,304 0,238	0,266 0,232	0,398 0,313	0,269 0,227	0,557 0,447	0,424 0,419	0,535 0,416	0,486 0,469	0,727 0,326
10	0,458 0,354	0,518 0,302	0,448 0,360	0,360 0,277	0,346 0,221	0,569 0,492	0,604 0,367	0,729 0,346	0,446 0,357	0,474 0,286

Примечание: \* – в числителе указаны значения диаметра пряжи, полученные способом 1; \*\* – в знаменателе указаны значения диаметра пряжи, полученные способом 2.

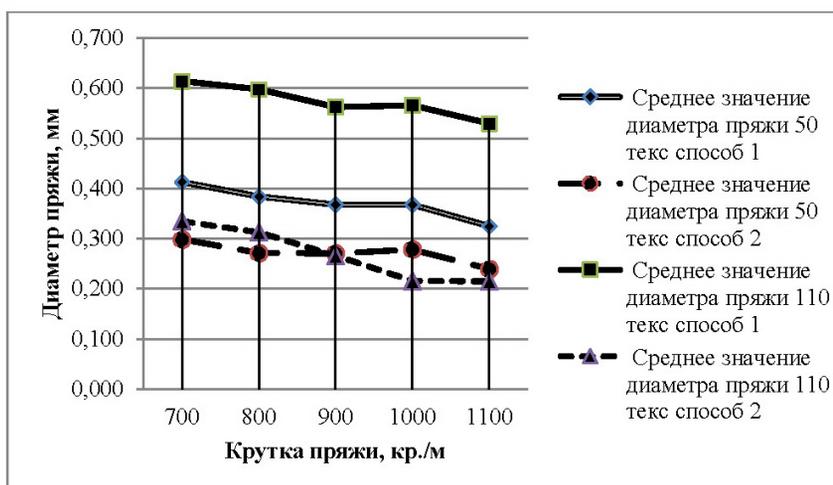


Рисунок 2 – Изменение диаметра пряжи с увеличением крутки

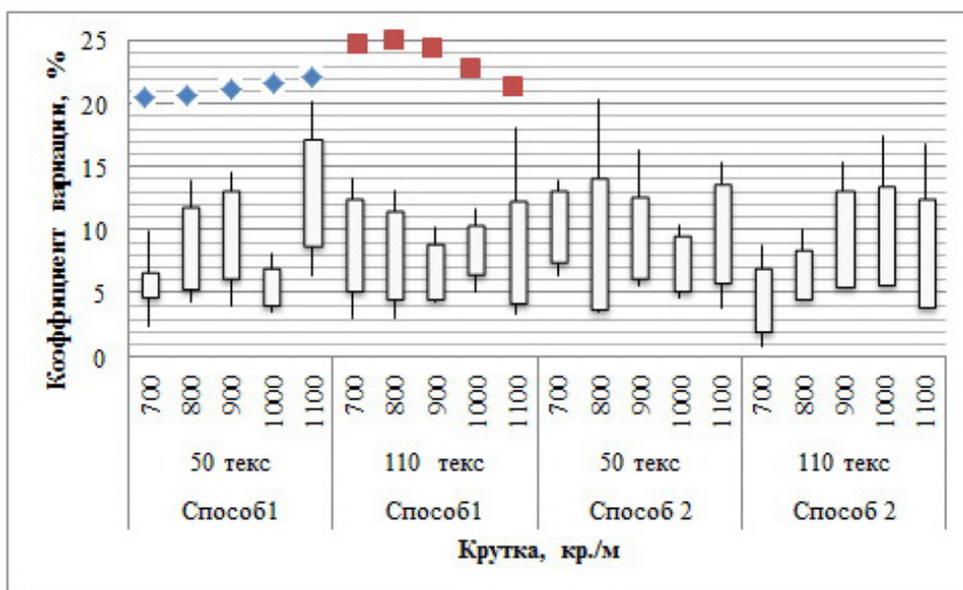


Рисунок 3 – Коэффициент вариации диаметра:

◆ – квадратическая неровнота по линейной плотности для пряжи 50 *текс* на коротких отрезках по данным USTER TESTER 5; ■ – квадратическая неровнота по линейной плотности для пряжи 110 *текс* на коротких отрезках USTER TESTER 5; □ – коэффициент вариации диаметра пряжи

нитей в ткани методом срезов и является более доступным, несмотря на его трудоемкость. Возможность использования нового метода определения значений диаметра пряжи на паковке с помощью прибора USTER TESTER 6 появился в Республике Беларусь сравнительно недавно.

На ОАО «Камволь» на приборе USTER TESTER 6 исследована пряжа линейной плотности 50 *текс* и 110 *текс*: неровнота пряжи, ворсистость, диаметр и форма сечения пряжи. Прибор снабжен датчиком ОМ, позволяющим измерять среднее значение диаметра пряжи в двух направлениях, форму поперечного сечения пряжи и среднюю объёмную плотность пряжи по всей длине образца [7].

Испытания проводились на пяти пробах длиной 200 м, результаты представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что значение диаметра пряжи с увеличением крутки уменьшается, соответственно, увеличивается объёмная плотность пряжи, пряжа становится тоньше и компактнее вследствие меньшего расстояния между отдельными волокнами. Данные, полученные на приборе USTER TESTER 6 и под микроскопом, согла-

совываются между собой, но значения диаметра пряжи, полученные способом 1, в большей степени соответствуют значениям диаметра пряжи с прибора USTER TESTER 6, причем этот вывод в равной степени относится к пряже линейной плотности 50 и 110 *текс*.

Метод определения формы пряжи на USTER TESTER 6 предполагает, что в плоскости сечения она имеет эллипсообразную форму. Показатель формы поперечного сечения пряжи определялся как соотношение перпендикулярных осей, проходящих в плоскости сечения пряжи: меньшей оси пряжи к большей. Данные таблицы 2 указывают на то, что пряжа пневмомеханического способа формирования независимо от крутки имеет форму поперечного сечения, близкую к эллипсу, но с увеличением крутки соотношение осей эллипса увеличивается. Это свидетельствует о том, что с увеличением компактности пряжи ее сечение стремится к кругу. Такое же влияние на форму поперечного сечения пряжи оказывает и процентное вложение котонизированного льна.

Значения отклонений диаметра пряжи, полученные под микроскопом, от значений USTER

Таблица 2 – Результаты испытаний на приборе USTER TESTER 6

Линейная плотность, <i>текс</i>	Крутка, <i>кр./м</i>	Диаметр, <i>мм</i>	Коэффициент вариации по диаметру пряжи на отрезках длиной 8 <i>мм</i> , %	Коэффициент вариации по диаметру пряжи на отрезках длиной 0,3 <i>мм</i> , %	Форма	Средняя объёмная плотность пряжи, <i>г/см<sup>3</sup></i>
50	700	0,401	15,20	21,44	0,62	0,39
	800	0,390	14,43	20,66	0,66	0,42
	900	0,383	14,42	21,19	0,69	0,43
	1000	0,380	14,26	22,03	0,69	0,44
	1100	0,377	14,74	23,41	0,70	0,45
110	700	0,596	13,98	19,14	0,66	0,41
	800	0,579	14,35	19,97	0,66	0,43
	900	0,576	13,95	19,86	0,69	0,46
	1000	0,569	13,90	20,48	0,71	0,46
	1100	0,566	14,18	21,63	0,73	0,45

Таблица 3 – Отклонение значений диаметра пряжи, полученного способами микроскопии от значений диаметра пряжи, полученного на приборе USTER TESTER 6

Линейная плотность пряжи, <i>текс</i>	Крутка, <i>кр./м</i>	Отклонение значений диаметра пряжи, %	
		Способ 1	Способ 2
50	700	3,07	-25,61
	800	-1,59	-30,38
	900	-4,05	-29,32
	1000	-3,26	-26,67
	1100	-13,71	-36,45
110	700	3,05	-28,27
	800	3,26	-26,79
	900	-2,33	-39,15
	1000	-0,49	-39,14
	1100	-6,40	-45,00

TESTER 6 представлены в таблице 3.

Таким образом, разница в значениях, полученных под микроскопом без включенного нижнего света и с помощью прибора USTER TESTER 6, находится в пределах 5 %, кроме пряжи с заправочной круткой 1100 *кр./м*, что составляет для пряжи 50 *текс* от 0,016 до 0,012 *мм*, для пряжи 110 *текс* – от 0,013 до 0,019 *мм*. Пряжа с круткой 1100 *кр./м* имеет отклонение более 5 %, что в миллиметрах составляет 0,052 *мм* для пряжи 50 *текс* и 0,036 *мм* – для пряжи

110 *текс*. Погрешность второго способа является достаточно высокой, в среднем составляет 25–30 % или 0,103–0,225 *мм*. Исходя из этого, значения диаметра пряжи на паковке, полученные под микроскопом без включенного нижнего света, соответствуют значениям, полученным с прибора, а значения, полученные способом 2, сильно отличаются.

Чтобы сопоставить разные способы определения диаметра пряжи и определить наиболее подходящие для применения в практическом

проектировании тканей по заданным свойствам, произведен расчет параметров строения ткани со всеми значениями диаметров, полученными разными способами. Спроектирована костюмная ткань поверхностной плотности  $185 \text{ г/м}^2$ , в основе которой использована чисто льняная пряжа мокрого способа прядения линейной плотности  $56 \text{ текс}$ , а в утке – исследуемая пряжа линейной плотности  $50 \text{ текс}$ . Методика проектирования ткани по заданной поверхностной плотности наиболее часто используется для проектирования тканей бытового назначения. Сущность методики заключается в нахождении плотности по основе ( $P_o$ ) и по утку ( $P_y$ ), уработки нитей основы ( $a_o$ ) и утка ( $a_y$ ) в ткани, входящих в расчет поверхностной плотности суровой ткани. Далее производится проверка соответствия теоретических расчетов фактическим значениям поверхностной плотности выработанной ткани.

Для расчета геометрических характеристик ткани построена модель ее строения с максимальным уплотнением по основе (рисунок 4 а) и по утку (рисунок 4 б).

Проектирование ткани проводилось с учетом особенностей структуры основных и уточных нитей, связанных с различным сырьевым составом, линейной плотностью и способом получения пряжи.

В соответствии с назначением ткани ее опорную поверхность должны формировать нити основы, тем более что пряжа мокрого способа прядения является более гладкой по сравнению с пряжей, полученной пневмомеханическим способом формирования. Поэтому принимаем порядок фазы строения близкий к шестому, коэффициенты, характеризующие высоту волны изгиба по основе  $K_{ho} = 1,2$ ; по утку  $K_{hy} = 0,8$ .

Принимаем коэффициент наполнения ткани волокнистым материалом по утку  $K_{Hy}$  больше, чем по основе  $K_{Ho}$  в силу значительного превышения диаметра уточных нитей из-за их большей объёмности по сравнению с диаметром нитей основы, то есть:  $K_{Ho} = 0,73$ ,  $K_{Hy} = 0,79$ .

В результате предварительных исследований параметров строения ткани по поперечным срезам установлено, что нити основы и утка в ткани приобретают форму поперечного сечения в виде эллипса. Однако льняная пряжа мокрого способа прядения деформируется в меньшей степени, чем хлопчатобумажная пряжа. Поэтому принимаем коэффициент смятия нитей основы по горизонтали  $\eta_{o.z.} = 1,05$  и по вертикали  $\eta_{o.s.} = 0,95$  и нитей утка по горизонтали  $\eta_{y.z.} = 1,27$  и по вертикали  $\eta_{y.s.} = 0,73$ .

Плотность нитей по основе (утку) в ткани определяем по формуле:

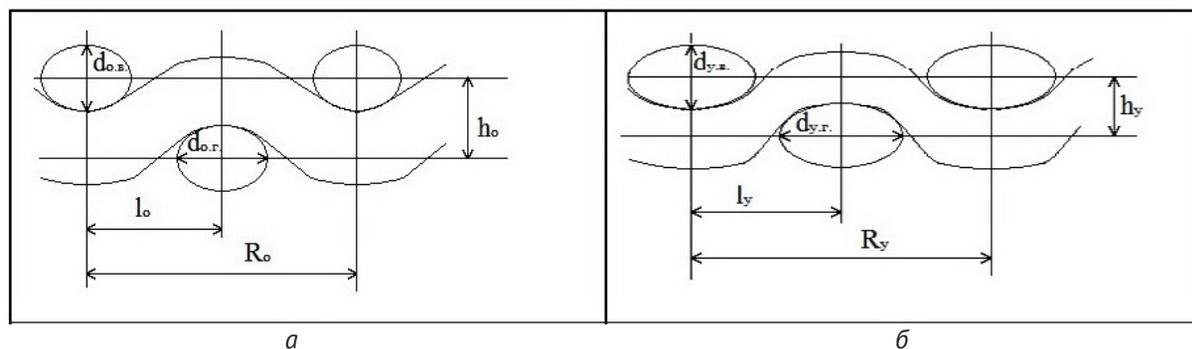


Рисунок 4 – Геометрическая модель максимально уплотненной ткани полотняного переплетения:  $d_{o.s.}$  – вертикальный диаметр нитей основы с учетом коэффициентов смятия, мм,  $d_{o.z.}$  – горизонтальный диаметр нитей основы с учетом коэффициентов смятия, мм,  $d_{y.s.}$  – вертикальный диаметр нитей утка с учетом коэффициентов смятия, мм,  $d_{y.z.}$  – горизонтальный диаметр нитей утка с учетом коэффициентов смятия, мм,  $l_o$  – расстояние между центрами нитей основы, мм,  $l_y$  – расстояние между центрами нитей утка, мм,  $R_o$  – раппорт ткани по основе, мм,  $R_y$  – раппорт ткани по утку, мм,  $h_o$  – высота волны изгиба нитей основы, мм,  $h_y$  – высота волны изгиба нитей утка, мм

$$P_o(y) = P_o \max(y.\max) * K_{Ho}(Hy), \quad (1)$$

где  $P_o \max, P_y \max$  – максимальная плотность по основе и по утку, соответственно,  $n/10 \text{ см}$

$$P_o \max(y.\max) = \frac{100}{l_o(y)}, \quad (2)$$

$$l_o(y) = d_p * \sqrt{4 - K_{ho}^2(hy)}, \quad (3)$$

где  $d_p$  – диаметр расчетный:

$$d_p = \frac{d_{o.в.} + d_{y.в.}}{2}, \text{ мм} \quad (4)$$

Высота волны изгиба:

$$h_o(y) = d_p * K_{ho}(hy). \quad (5)$$

В таблице 4 представлены результаты расчета геометрических параметров строения ткани по трем способам замера диаметров.

Значения высоты волны изгиба нитей основы и утка для способов определения диаметра с помощью прибора USTER TESTER (способ 3) и под микроскопом без включенного нижнего света (способ 1) находятся в одном интервале, а для способа нахождения диаметра по фотографиям, выполненным под микроскопом с включенным нижним светом (способ 2), они существенно ниже. С увеличением крутки высота волны изгиба нитей основы и утка для всех способов снижается, но для третьего способа в меньшей степени. Эта же тенденция наблюдается и в изменении геометрической плотности максимально уплотненной ткани. Для всех трех способов измерения диаметра характерно увеличение максимальной плотности нитей в ткани по основе и по утку при увеличении крутки. Значения, полученные в результате расчета по данным прибора USTER TESTER, свидетельствуют о незначительном увеличении максимальной плотности ткани (7–8  $n/10 \text{ см}$ ) с увеличением крутки на 400  $\text{кр./м}$ , для способа 1 и 2 – 26–30  $n/10 \text{ см}$ , то есть в среднем на 6–8  $n/10 \text{ см}$  с увеличением крутки на 100  $\text{кр./м}$ .

Таблица 4 – Геометрические параметры строения ткани

	Способ 1					Способ 2					Способ 3				
	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100
Крутка, $\text{кр./м}$	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100
$h_o, \text{мм}$	0,355	0,340	0,332	0,332	0,310	0,297	0,284	0,283	0,287	0,267	0,349	0,343	0,340	0,338	0,337
$h_y, \text{мм}$	0,237	0,227	0,221	0,221	0,207	0,198	0,189	0,189	0,192	0,178	0,233	0,229	0,226	0,225	0,224
$l_o, \text{мм}$	0,473	0,454	0,443	0,443	0,414	0,396	0,378	0,378	0,383	0,356	0,465	0,458	0,453	0,451	0,449
$l_y, \text{мм}$	0,542	0,520	0,507	0,507	0,474	0,454	0,433	0,433	0,439	0,408	0,533	0,524	0,519	0,517	0,514
$P_o \max, n/10 \text{ см}$	211,4	220,4	225,8	225,8	241,5	252,6	264,3	264,8	261,0	280,7	215,0	218,5	220,8	221,7	222,7
$P_y \max, n/10 \text{ см}$	184,5	192,4	197,1	197,1	210,8	220,5	230,7	231,1	227,9	245,0	187,7	190,7	192,7	193,6	194,4

Уработка нитей основы и утка определялась по формулам:

$$a_o(y) = \frac{\sqrt{l_{y.ф.(o.ф.)}^2 + h_o^2(y)} - l_{y.ф.(o.ф.)}}{\sqrt{l_{y.ф.(o.ф.)}^2 + h_o^2(y)}} \quad (6)$$

где  $l_{o.ф.}$  и  $l_{y.ф.}$  – фактическое расстояние между центрами основных и уточных нитей соответственно, мм

$$l_{o.ф.(y.ф.)} = \frac{l_o(y)}{K_{Ho}(Hy)} \quad (7)$$

В таблице 5 приведены теоретические значения уработки и плотности по основе и по утку в суровой ткани.

Уработка нитей основы и нитей утка для всех трех способов является постоянной и не зависит от крутки нитей. Это связано с тем, что с уменьшением диаметра нитей утка уменьшается высота волны изгиба нитей основы и утка, а также фактическое расстояние между центрами основных и уточных нитей, соотношение  $h_o(y) / l_{o.ф.(y.ф.)}$  остается постоянным ( $h_o / l_{o.ф.} = 0,5475$ ;  $h_y / l_{y.ф.} = 0,345$ ). Уработка нитей основы зависит только от порядка фазы строения ткани, диаметр нитей на ее фактическое значение не влияет. Увеличение крутки уточной пряжи на 100 *кр./м* приводит к увеличению плотности и по основе, и по утку: для способов 1 и 2 по основе в

среднем на 5,1–5,5 *н/10 см*, по утку – на 4,8–5,2 *н/10 см*, для способа 3 по основе – на 1,4 *н/10 см*, по утку – на 1,3 *н/10 см*. То есть для способов определения диаметра по фотографиям под микроскопом в результате проектирования характерен более широкий интервал плотностей по основе и по утку, а для способа определения диаметра с помощью прибора USTER TESTER 6 – незначительное изменение плотности ткани.

С использованием значений, приведённых в таблице 5, рассчитываем поверхностную плотность суровой ткани по формуле:

$$M_{с.м}^2 = \frac{10P_o T_o}{1000(1-0,01*a_o)} + \frac{10P_y T_y}{1000(1-0,01*a_y)} \quad (8)$$

Фактическую поверхностную плотность готовой ткани  $M_{г.м}^2$  определяем по поверхностной плотности суровой ткани с учетом параметров отделки по данным РУПТП «Оршанский льнокомбинат»: притяжка ткани по длине  $U_o = 2,0 \%$ , усадка ткани по ширине  $U_y = 9,3 \%$ , потеря массы ткани в отделке  $\beta = 4,0 \%$

$$M_{г.м}^2 = \frac{M_{с.м}^2 * (1-0,01*\beta)}{(1+0,01*U_o)*(1-0,01*U_y)} \quad (9)$$

Данные расчетов представлены в таблице 6.

Таблица 5 – Плотность ткани по основе и по утку и уработка нитей основы и утка

Крутка, <i>кр./м</i>	Способ 1					Способ 2					Способ 3				
	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100
$a_o, \%$	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18	11,18
$a_y, \%$	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06	6,06
$P_o, \text{н/10 см}$	154,3	160,9	164,8	164,8	176,3	184,4	192,9	193,3	190,6	204,9	157,0	159,5	161,2	161,9	162,6
$P_y, \text{н/10 см}$	145,7	152,0	155,7	155,7	166,6	174,2	182,2	182,6	180,0	193,6	148,3	150,7	152,2	152,9	153,6

Таблица 6 – Поверхностная плотность ткани

	Способ 1					Способ 2					Способ 3				
Крутка, <i>кр./м</i>	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100	700	800	900	1000	1100
$M_{с.м}^2$ , <i>гр/м</i>	174,8	182,4	186,8	186,8	199,8	209,0	218,6	219,0	215,9	232,2	177,9	180,8	182,6	183,4	184,3
$M_{г.м}^2$ , <i>гр/м</i>	181,4	189,2	193,8	193,8	207,4	216,9	226,9	227,3	224,1	241,0	184,6	187,6	189,5	190,4	191,2
$\Delta$ , <i>гр</i>	-3,6	4,2	8,8	8,8	22,4	31,9	41,9	42,3	39,1	56,0	-0,4	2,6	4,5	5,4	6,2
$\Delta$ , %	-1,9	2,3	4,8	4,8	12,1	17,2	22,6	22,9	21,1	30,3	-0,2	1,4	2,4	2,9	3,4

Примечание:  $\Delta$ , *гр* – отклонение поверхностной плотности от заданной, *гр*;  $\Delta$ , % – отклонение поверхностной плотности от заданной, %.

Поверхностная плотность ткани, рассчитанная по значениям диаметра пряжи, полученного по фотографиям ее внешнего вида под микроскопом с включенным нижним светом, существенно выше заданной поверхностной плотности. Это свидетельствует о том, что данный способ определения искажает значения диаметра на величину обвивочного слоя волокон, который при включенном нижнем свете просвечивается и не входит в диаметр, но по факту присутствует и в пряже, и в ткани, увеличивая ее наполнение волокнистым материалом. Отклонение от заданной поверхностной плотности превышает 17–20 %, что является недопустимым для проектирования.

Использование значений диаметра пряжи, полученных по фотографиям ее внешнего вида под микроскопом без включенного нижнего света, давало отклонение между теоретически рассчитанной и заданной поверхностной плотностью ткани в среднем 4,4 %, что являлось допустимым в практике проектирования. Наибольшее отклонение в значениях поверхностной плотности соответствует крутке пряжи 700 *кр./м* и 1100 *кр./м*. Минусовое отклонение поверхностной плотности ткани с использованием в утке пряжи с круткой 700 *кр./м* составляет 1,9 % и считается удовлетворяющим условиям проектирования, так как ГОСТом предусмотрено минусовое отклонение не более 7 % [8]. Плюсое отклонение не ограничивается ГОСТом, но его превышение более чем на 5 % является экономически нецелесообразным для произ-

водства, так как это связано с дополнительными расходами сырьевых ресурсов.

Микроскопия пряжи позволяет визуально оценить ряд признаков пряжи, выявить ее структуру, объяснить отдельные свойства пряжи, вытекающие из ее строения. Однако является способом трудоемким, требует высокой квалификации лаборанта и ручной обработки полученных данных.

Способ определения диаметра с помощью прибора USTER TESTER 6 показал минимальную погрешность в проектировании ткани по заданной поверхностной плотности, в среднем 2 %, поэтому он является наиболее точным.

С использованием значений диаметра пряжи на паковке, полученных под микроскопом и с помощью USTER TESTER 6, спроектирована ткань по заданной поверхностной плотности. На базе ее анализа установлены способы, оптимально подходящие для определения диаметра пряжи, значения которого дают наименьшую погрешность в проектировании. В последующем данные способы будут рекомендованы для исследования диаметра пряжи в тех случаях, когда длина образца не позволяет использовать для измерения USTER TESTER 6.

#### ВЫВОДЫ

1. Прибор USTER TESTER 6 позволяет наиболее точно определить геометрические размеры котонинсодержащей пряжи линейной плотности 50 *текс* и 110 *текс* с круткой в диапазоне от 700 *кр./м* до 1100 *кр./м*, что подтверждается результатами проектирования ткани по задан-

ной поверхностной плотности. Метод определения диаметра пряжи по фотографиям внешнего вида, выполненных под микроскопом, дает значения, близкие к данным с прибора USTER TESTER 6, коэффициенты вариации находятся в одном интервале, поэтому также рекомендованы к использованию. Значения же диаметра, определенные под микроскопом с включенным нижним светом, дают высокую погрешность проектирования, этот метод не рекомендован для использования.

2. Пряжа линейной плотности 110 *текс* с содержанием котонизированного льна – 85 % имеет более круглую форму, чем пряжа линейной

плотностью 50 *текс* с 35 % котонизированного льна. С увеличением крутки диаметр котонинсо-держающей пряжи пневмомеханического способа формирования линейной плотности 50 *текс* и 110 *текс* снижался независимо от метода его определения.

3. Геометрические параметры строения ткани с увеличением крутки уменьшаются и не зависят от метода определения диаметра. Плотность по основе и по утку при снижении диаметра нитей утка увеличивается, уработка основы и утка в большей степени зависит от порядка фазы строения ткани, чем от диаметра уточных нитей.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мартынова, А. А., Черникина, Л. А. (1976), *Лабораторный практикум по строению и проектированию тканей. Учебное пособие для высших учебных заведений текстильной промышленности*, Москва: Легкая индустрия, 296 с.
2. Толубеева, Г. И. (2012), Пример расчета уработок нитей основы и утка и построение их профилей в ткани полотняного переплетения, *Известия высших учебных заведений: Технология текстильной промышленности*, 2012, № 2, С. 52–58.
3. Толубеева, Г. И. (2012), Методика расчета уработок нитей во фронтальной плоскости однослойной ткани по ее заправочным данным и высоте волны изгиба основы, *Известия высших учебных заведений: Технология текстильной промышленности*, 2012, № 3, С. 48–53.
4. Назарова, М. В., Бойко, С. Ю., Фефелова, Т. Л. (2015), Разработка оптимальных параметров ткани, обладающих низкой воздухопроницаемостью и материалоемкостью, *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 2015, № 12-5, С. 806–809.

#### REFERENCES

1. Martynova, A. A., Chernikina, L. A. (1976), *Laboratornyj praktikum po stroeniyu i proektirovaniyu tkaney. Uchebnoe posobie dlya vysshih uchebnyh zavedenij tekstil'noj promyshlennosti* [Laboratory workshop on the structure and design of fabrics. Textbook for higher educational institutions of the textile industry], Moscow: Light industry, 296 p.
2. Tolubeeva, G. I. (2012), An Example of calculating of contractions of warp and weft threads and building their profiles in plain weave fabrics [Primer rascheta urabotok nitej osnovy i utka i postroenie ih profilej v tkani polotnyanogo perepleteniya], *Proceedings of higher educational institutions: Technology of the textile industry*, 2012, № 2, pp. 52–58.
3. Tolubeeva, G. I. (2012), Calculation Methods of contractions of threads in the frontal plane single-layer fabric in her filling data and the wave height of the bending fundamentals [Metodika rascheta urabotok nitej vo frontal'noj ploskosti odnoslojnoj tkani po ee zapravochnym dannym i vysote volny izgiba osnovy], *Proceedings of higher educational institutions: Technology of textile industry*, 2012, № 3, pp. 48–53.

5. Федорченко, Е. В., Загора, О. В., Кирильчук, И. Е. (2018), Инновационный подход к проектированию тканей комбинированных переплетений с длинными прокидками, *Материалы и технологии*, 2018, № 1 (1), С. 28–32.
6. Рыклин, Д. Б., Медведский, С. С. (2017), *Оценка качества текстильных нитей и полуфабрикатов с использованием приборов USTER TESTER: монография*, Витебск, УО «ВГТУ», 2017, 168 с.
7. Милеева, Е. С., Казарновская, Г. В. (2020), Анализ влияния крутки на показатели качества котонинсодержащей пряжи пневмомеханического способа формирования, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2020, № 1 (38), С. 59–70.
8. ГОСТ 15968-2014. *Ткани чистольняные, льняные и полульняные одежды. Общие технические условия*, введ. 01.01.2016, (2015), Москва, ФГУП «Стандартинформ», С. 14.
4. Nazarova, M. V., Boiko, S. U., Fefelova, T. L. (2015), Development of optimal parameters of the fabric having low air permeability and material [Razrabotka optimal'nyh parametrov tkani, obladayushchih nizkoj vozduhopronicaemost'yu i materialoemkost'yu], *International periodical of applied and fundamental research*, 2015, № 12-5, pp. 806–809.
5. Fedorchenko, E. V., Zakora, O. V., Kirilcuk, I. E. (2018), An Innovative approach to the design of the fabrics of combined weave with long overlapping [Innovacionnyj podhod k proektirovaniyu tkanej kombinirovannyh perepletenij s dlinnymi prokidkami], *Materials and technology*, 2018, № 1 (1), pp. 28–32.
6. Ryklin, D. B., Medvetski, S. S. (2017), *Ocenka kachestva tekstil'nyh nitej i polufabrikatov s ispol'zovaniem priborov USTER TESTER: monografiya* [Quality Assessment of textile fibres and semi-manufactured with the use of the instrument USTER TESTER: monograph], Vitebsk, EI "VSTU", 2017, 168 p.
7. Mileeva, E. S., Kazarnovskaya, G. V. (2020), The analysis of twist on the quality indicators of open-end spun yarn with cottonized flax fibers [Analiz vliyaniya krutki na pokazateli kachestva kotoninsoderzhashchej pryazhi pnevmomekhanicheskogo sposoba formirovaniya], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2020, № 1 (38), pp. 59–70.
8. GOST 15968-2014. *Fabrics are pure linen, linen and semi-linen clothing. General technical conditions*, introduction. 01.01.2016, (2015), Moscow, FSUE "STANDARTINFORM", P. 14.

Статья поступила в редакцию 17. 11. 2020 г.