

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_120

**ВЛИЯНИЕ ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ
НА ЕЁ ОБЪЕМНУЮ ПЛОТНОСТЬ И ДИАМЕТР ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ**

**INFLUENCE OF LINEAR DENSITY OF COTTON YARN
ON ITS VOLUME DENSITY AND CROSS-SECTION DIAMETER**

*И.В. ОЛЕНИНА¹, Ю.С. ШУСТОВ², В.П. ЗИНОВЬЕВ¹, В.И. РУБЦОВ¹, А.Н. ТИМОШЕНКО¹,
О.В. ИСАЕВ¹, А.Г. СЕИТОВА¹*

*I.V. OLENINA¹, Yu.S. SHUSTOV², V.P. ZINOVYEV¹, A.N. TIMOSHENKO¹,
O.V. ISAEV¹, A.G. SEITOVA¹*

**(Государственный научный центр Российской Федерации –
Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна¹,
Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)²)**

**(State Scientific Center Federal Medical Biophysical Center named after A.I. Burnazyana¹,
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art)²)**

E-mail: zvp.2013@yandex.ru; 6145293@mail.ru

Диаметр пряжи является одним из важнейших показателей, используемых при расчетах, связанных с проектированием тканых и трикотажных полотен. В этой связи его расчет является важнейшим фактором для получения корректного результата определения основных заправочных параметров при выработке ткани или трикотажного полотна. Для решения поставленной задачи отобраны различные образцы гребенной и кардной пряжи различной линейной плотности. На основании приведенных исследований предложена научно обоснованная математическая модель зависимости объемной плотности хлопчатобумажной пряжи от ее линейной плотности при постоянном коэффициенте крутки. Для гребенной и кардной систем прядения хлопка определен характеризующий упорядоченность структуры пряжи параметр. Результаты исследований имеют научную новизну и могут быть использованы в моделях расчета диаметра хлопчатобумажной пряжи при проектировании тканей и трикотажа.

Yarn diameter is one of the most important indicators used in calculations related to the design of woven and knitted fabrics. In this regard, its correct definition or calculation is the determining factor for achieving success in the correct result of determining the main filling parameters in the production of fabric or knitted fabric. To solve the problem, various samples of combed and carded yarn of various linear densities were selected. The dependence of determining the bulk density by varying the linear density of the yarn at a constant twist coefficient is

obtained. On the basis of the above studies, a scientifically based mathematical model is proposed for the dependence of the bulk density of cotton yarn on its linear density at a constant twist coefficient. For combed and carded cotton spinning systems, a parameter characterizing the orderliness of the yarn structure is determined. The research results are of scientific novelty and can be used in models for calculating the diameter of cotton yarn in the design of fabrics and knitwear.

Ключевые слова: хлопчатобумажная пряжа, линейная плотность, крутка, математическая модель, кардная пряжа, гребенная пряжа.

Keywords: cotton yarn, linear density, twist, mathematical model, carded, combed yarn.

Введение

Диаметр пряжи является одним из важнейших показателей, используемых при расчетах, связанных с проектированием тканых и трикотажных полотен. В этой связи его правильный расчет является важнейшим фактором для достижения успеха в корректном результате определения основных заправочных параметров при выработке ткани или трикотажного полотна.

Для определения диаметра пряжи используется известная формула

$$d = 0,0357 \sqrt{\frac{T}{\gamma}}, \quad (1)$$

где d – диаметр пряжи, мм; T – линейная плотность пряжи, текс; γ – объемная плотность пряжи, мг/мм³.

Из анализа литературных источников [1...12] установлено, что для расчета диаметра хлопчатобумажной пряжи необходимо знать не только линейную плотность и степень скрученности нитей, но также и число волокон в поперечном сечении пряжи или отношение линейной плотности исследуемой пряжи и некоторого табличного значения. В этом случае такое отношение пропорционально разнице в количестве волокон в поперечном сечении образцовой и исследуемой пряжи и вполне может заменить их абсолютное значение.

В работе [5] предложена формула для определения объемной плотности и диаметра аппаратной шерстяной пряжи при варьировании линейной плотности пряжи

с неизменной степенью скрученности (коэффициентом крутки), т.е. $\alpha = \text{const}$:

$$\gamma(T) = \gamma_t \left(\frac{84}{T} \right)^m, \quad (2)$$

где $\gamma(T)$ – объемная плотность рассматриваемой пряжи с линейной плотностью T ; m – параметр, характеризующий упорядоченность структуры пряжи; для аппаратной шерстяной пряжи $m = 0,11$; γ_t – значение объемной плотности пряжи 84 текс, выработанной с метрическим коэффициентом крутки $\alpha = 133$ из 100% одного какого-либо сорта шерсти.

Для волокон хлопка, имеющих существенное отличие от волокон шерсти по длине, линейной плотности и степени извитости, представляет интерес определение степени влияния такого фактора, как линейная плотность пряжи, на ее объемную плотность. Сравнение двух видов принципиально разных волокон по степени их влияния на объемную плотность пряжи и ее диаметр имеет важное значение при проектировании продуктов текстильного производства.

Научные исследования

Одной из задач настоящей работы является определение параметра m в формуле (2) для хлопчатобумажной пряжи с целью использования в дальнейшем полученного значения для расчета диаметра хлопчатобумажной пряжи в зависимости от коэффициента крутки.

Поскольку аппаратная шерстяная пряжа коренным образом отличается по своим свойствам от хлопчатобумажной, то формулу (2) предлагается модифицировать к виду:

$$\gamma(T) = \gamma_t \left(\frac{40}{T} \right)^m. \quad (3)$$

В формуле (3) линейная плотность хлопчатобумажной пряжи, равная 40 текс, выбрана не случайно. Поскольку физические основы формирования пряжи из волокнистых материалов одинаковы для любых видов волокон, то было принято решение установить значение линейной плотности хлопчатобумажной пряжи, равное 40 текс, исходя из того, что хлопчатобумажная пряжа 40 текс и шерстяная 84 текс должны иметь примерно одинаковое число волокон в своем поперечном сечении. Кроме того, табличное значение коэффициента крутки для хлопчатобумажной пряжи предлагается принять равным 80.

Отобранные образцы пряжи различной линейной плотности исследовались на

предмет измерения поперечника под микроскопом. На предметный столик наматывались витки пряжи под одинаковым натяжением 4,9 сН. Для каждого образца пряжи длиной 5-7 м делалось по 80 измерений, что позволило достичь относительной погрешности не более 1 %.

При исследовании хлопчатобумажной пряжи использовалась гребенная и кардная пряжа, имеющая следующие линейные плотности:

- 1) гребенная пряжа: 14, 18,5 и 37 текс;
- 2) кардная пряжа: 24, 40 и 56 текс.

Результаты эксперимента сведены в табл. 1. В таблице приведены гипотетические данные для линейной плотности пряжи 2 текс, так как реально такую пряжу получить невозможно. Объемная плотность пряжи с такой маленькой линейной плотностью рассчитывалась для гексагонального строения пряжи при количестве волокон в сечении, равном 10. Коэффициент неидеальности структуры при этом принимался равным 0,9 для гребенной пряжи и 0,83 для кардной.

Таблица 1

Вид х/б пряжи	Линейная плотность пряжи	Диаметр пряжи d, мм	Объемная плотность пряжи γ , мг/мм ³
Гребенная	2	0,043	1,38
	14	0,140	0,91
	28	0,207	0,83
	37	0,252	0,74
Кардная	2	0,045	1,28
	24	0,199	0,77
	28,5	0,231	0,68
	56	0,331	0,65

На рис. 1 приведены результаты обработки экспериментальных данных и расчета объемной плотности исследованных образцов пряжи с использованием прикладного математического пакета Mathcad в виде графиков (1 – гребенная пряжа; 2 – кардная пряжа; кружки и треугольники – экспериментальные значения объемной плотности пряжи соответственно).

Расчет параметра m и табличного значения объемной плотности проводился по методу наименьших квадратов также с использованием пакета Mathcad.

Из рис. 1 видно, что при увеличении линейной плотности хлопчатобумажной пряжи, выработанной с одинаковой степенью скрученности α , ее объемная плотность уменьшается. Это вызвано увеличением числа волокон в сечении пряжи, а следовательно, увеличением сопротивления внутренних волокон уплотнению со стороны наиболее натянутых наружных волокон.

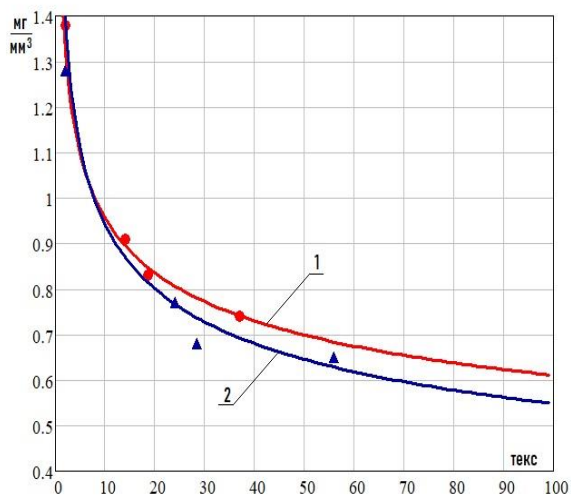


Рис. 1

Разница в значениях параметра m для гребенной и кардной хлопчатобумажной пряжи вызвана разной степенью распрямленности и ориентации волокон. Поскольку волокна в пряже, полученной по гребенной системе прядения, лучше ориентированы и распрямлены, то их легче уплотнить с помощью крутки, и пряжа будет иметь более высокую плотность по сравнению с кардной пряжей.

Из табл. 2 видно, что параметр m , используемый в формуле (3), значительно отличается от аналогичного параметра в модели (2), что в конечном счете существенно влияет на расчеты диаметра пряжи по формуле (1).

Таблица 2

№ п/п	Наименование вида волокон	Одиночная пряжа			
		m	γ_t , мг/мм ³	T_t , текс	α_t
1	Хлопок гребенной I-III тип (для гребенной пряжи)	0.195	0.73	40	80
2	Хлопок кардный IV-VII тип (для кардной пряжи)	0.235	0.68	40	80

Данные проведенного эксперимента сведены в табл. 2 и могут быть использованы в качестве справочных для расчетов диаметра хлопчатобумажной пряжи при проектировании таких текстильных материалов, как ткань или трикотаж.

ВЫВОДЫ

1. На основании приведенных исследований предложена научно обоснованная математическая модель зависимости объемной плотности хлопчатобумажной пряжи от ее линейной плотности при постоянном коэффициенте крутки.

2. Определен параметр, характеризующий упорядоченность структуры пряжи для гребенной и кардной систем прядения хлопка.

3. Результаты исследований имеют научную новизну и могут быть использованы в моделях расчета диаметра хлопчатобумажной пряжи при проектировании тканей и трикотажа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шустов Ю.С., Кирюхин С.М. Текстильное материаловедение и управление качеством. М.: ИНФРА-М, 2022.
2. Севостьянов А.Г., Осмин Н.А., Щербаков В.П. и др. Механическая технология текстильных материалов. М.: Легпромиздат, 1989.
3. Щербаков В.П. Прикладная и структурная механика волокнистых материалов. М.: Тико Принт, 2013.
4. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. М.: Легкая индустрия, 1980.
5. Осмин Н.А., Зиновьев Т.В., Мельников В.В., Зиновьев В.П. Метод расчета объемной плотности и диаметра аппаратной шерстяной пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2001. № 2 (260). С. 45...49.
6. Щербаков В.П., Цыганов И.Б., Полякова Т.И., Скуланова Н.С., Попова Е.Р. Теория и расчет силовых факторов, определяющих равновесную структуру крученой нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. №6. 2012. С. 75...77.
7. Корицкий К.И. Инженерное проектирование текстильных материалов. М.: Легкая индустрия, 1971.
8. Щербаков В.П., Копылова Ю.А., Грачев А.В. Автоматизированное проектирование прочности многокомпонентной пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. №3. С. 128...132.

9. Черников А.Н., Борисов В.А. Исследование процессов получения компактной упрочненной пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2002. №3. С. 41...43.

10. Разумеев К.Э., Павлов Ю.В., Чистобородов Г.И., Ашнин Н.М., Плеханов А.Ф., Павлов К.Ю., Михайлов Б.С., Минофьев А.А., Халезов С.Л., Асташов М.М. Процессы, технология и оборудование приготовления крученой и фасонной пряжи и ниток. Иваново: ИВГПУ, 2014.

11. Севостьянов П.А. Динамика и модели основных процессов прядения: рыхление, очистка, смешивание, кардо- и гребнечесание, вытягивание, дискретизация, штапельирование, кручение, намотка, перемотка: монография. М.: КЛУБ-ПЕЧАТИ, 2021.

12. Матисмаилов С.Л., Ташпулатов С.Ш., Норбоева Р.Х. и др. Исследование показателей качества пряжи двойного кручения из стренг различных линейных плотностей и способов прядения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 1 (403). С. 97...103.

REFERENCES

1. Shustov Yu.S., Kiryukhin S.M. Textile materials science and quality management. M.: INFRA-M, 2022. -386 p.

2. Mechanical technology of textile materials / Sevostyanov A.G., Osmin N.A., Shcherbakov V.P. et al. M.: Legpromizdat, 1989. 512 p.

3. Shcherbakov V.P. Applied and structural mechanics of fibrous materials. M.: Tiko Print, 2013. 304 p.

4. Migushov I.I. Mechanics of textile thread and fabric. M.: Light industry, 1980. 160 p.

5. Osmin N.A., Zinoviev T.V., Melnikov V.V., Zinoviev V.P. Method of calculating the volumetric density and diameter of hardware wool yarn // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2001. № 2 (260). Pp. 45...49.

6. Shcherbakov V.P., Tsyganov I.B., Polyakova T.I., Skulanova N.S., Popova E.R. Theory and calculation of force factors determining the equilibrium structure of a twisted thread // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2012. No. 6. Pp. 75...77.

7. Koritsky K.I. Engineering design of textile materials. M.: Light industry, 1971. 352 p.

8. Shcherbakov V.P., Kopylova Yu.A., Grachev A.V. Automated strength design of multicomponent yarn // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2013. No. 3. Pp. 128...132.

9. Chernikov A.N., Borisov V.A. Investigation of the processes of obtaining compact hardened yarn // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2002. No. 3. Pp. 41...43.

10. Razumeev K.E., Pavlov Yu.V., Chistoborodov G.I., Ashnin N.M., Plekhanov A.F., Pavlov K.Yu., Mikhailov B.S., Minofiev A.A., Khalezov S.L., Astashov M.M. Processes, technology and equipment for the preparation of twisted and shaped yarn and threads. Ivanovo: IVGPU, 2014. 352 p.

11. Sevostyanov P.A. Dynamics and models of the main spinning processes: Loosening, cleaning, mixing, carding and combing, drawing, sampling, stapling, twisting, winding, rewinding. Monograph. M.: CLUB-PRINT, 2021. 592 p.

12. Matismailov S.L., Tashpulatov S.Sh., Norboeva R.Kh. et al. Investigation of quality indicators of double-twisted yarn from strands of various linear densities and spinning methods // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 1 (403). Pp. 97...103.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Поступила 25.01.23.