

УДК 677.017
DOI 10.47367/0021-3497_2024_2_75

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ОБЪЕМНОЙ ПЛОТНОСТИ
ШЕРСТЯНОЙ АППАРАТНОЙ ПРЯЖИ**

CALCULATING METHOD IMPROVEMENT OF BULK DENSITY OF WOOL YARN

Ю.С. ШУСТОВ², Т.В. ЗИНОВЬЕВ³, В.П. ЗИНОВЬЕВ¹

Yu.S. SHUSTOV², T.V. ZINOVYEV³, V.P. ZINOVYEV¹

**(¹Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский
биофизический центр им. А.И. Бурназяна,**

**²Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
³ООО «Точные детали»)**

**(¹State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center
of Federal Medical Biological Agency,**

**²The Kosygin State University of Russia (Technologies. Design. Art),
³LLC "Exact details")**

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

*При проведении технологических расчетов ткани или трикотажного
полотна существенное значение имеет точность определения диаметра
пряжи или нитей, что в свою очередь связано с использованием*

математических преобразований, где фигурируют зависимости диаметра пряжи или нитей от крутки, которой нельзя пренебрегать. В работе рассмотрено влияние волокон на зависимость объемной плотности пряжи от крутки для хлопчатобумажной и шерстяной пряжи. Для корректного сравнения свойств различных пряж получены справочные значения объемной плотности аппаратной шерстяной пряжи. Приведены этапы определения объемной плотности пряжи с заданными технологическими параметрами.

When carrying out technological calculations of fabric or knitted fabric, the accuracy of calculations associated with determining the diameter of yarn or threads is of significant importance, which in turn is associated with the use of mathematical transformations, which involve the dependence of the diameter of yarn or threads on twist, which cannot be neglected. The work examines the influence of fibers on the shape and size of the curves of yarn bulk density versus twist for cotton and wool yarn. For a correct comparison of the properties of various wool hardware yarns, reference values for the bulk density of wool hardware yarns were obtained. The stages of determining the bulk density of yarn with given technological parameters are given.

Ключевые слова: поперечник волокна, пряжа, объемная плотность, линейная плотность, сечение пряжи.

Keywords: fiber diameter, yarn, bulk density, linear density, yarn cross-section.

Введение

В настоящее время выпускаются сотни видов пряжи с различным составом, способом получения, линейной плотностью исходных волокон, коэффициентом крутки.

Попытки количественно оценить зависимости изменения объемной плотности пряжи и нитей от степени скрученности продукта были предприняты многими авторами как у нас в стране, так и за рубежом [1...9]. Поэтому большое значение имеет не только научно обоснованный выбор вида волокон и пряжи для производства изделий различного назначения, но и их структурные особенности, обусловленные, в частности, степенью скрученности волокон.

Необходимость проведения таких исследований продиктована возросшими требованиями к качеству тканей и трикотажа, в особенности таких тканей, где в силу необходимости достижения определенных эффектов должна использоваться пряжа или комплексная химическая нить с нетипичными крутками, существенно влияющими на объемную плотность пряжи или нитей, их диаметр, прочность и некоторые другие свойства, такие как влаго- и паропроницаемость и защита от пыли.

яющими на объемную плотность пряжи или нитей, их диаметр, прочность и некоторые другие свойства, такие как влаго- и паропроницаемость и защита от пыли.

Научные исследования

Для каждого вида волокон и системы прядения кривая зависимости объемной плотности пряжи от степени ее скрученности имеет разную «крутизну» подъема и разные значения максимально возможной объемной плотности, достигаемой при соответствующих значениях коэффициента крутки. Для расчетов желательно иметь табличные значения коэффициентов крутки, которые могут быть определены как максимальное значение первой производной, при котором проявляется наиболее значимая разница между объемной плотностью для значения коэффициента крутки для данного вида пряжи или нитей.

На рис. 1 изображены для сравнения две области возможных значений объемной плотности двух видов пряжи (хлопчатобумажной и шерстяной) в зависимости от коэффициента крутки. Эти области

представляют собой пространства, ограниченные линиями 1 и 2 для хлопчатобумажной и 3 и 4 для шерстяной пряжи. Это значит, что все множество пряж из хлопковых волокон, которое только возможно произвести, располагается внутри области с указанными границами. То же самое относится к пряже из шерстяных волокон.

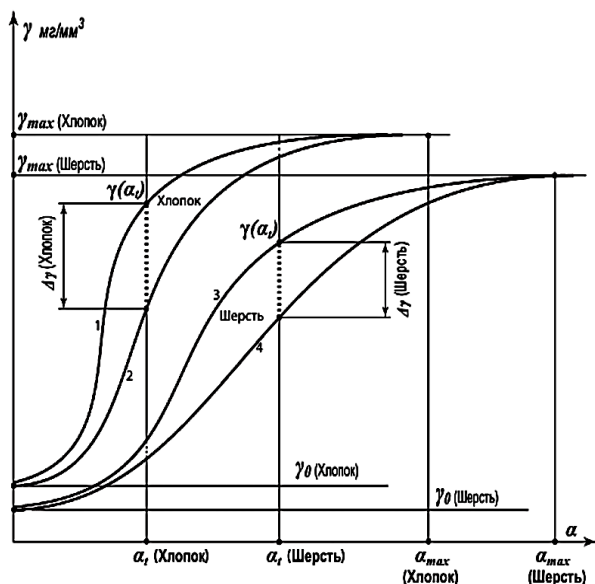


Рис. 1

По оси абсцисс откладывается коэффициент крутки α , а по оси ординат – объемная плотность пряжи γ . Любая из указанных областей на самом деле представляет собой семейство бесконечного числа кривых, подобных граничным, а границы – это крайние кривые из всех возможных.

Для однозначного определения любой пряжи, то есть выделения из общей массы кривых той единственной, которая нам нужна, необходимым и достаточным условием является знание трех точек нужной нам кривой:

γ_0 – начальное значение объемной плотности при коэффициенте крутки $\alpha = 0$;

γ_{max} – максимально возможное значение плотности пряжи, достигаемое при α_{max} ;

$\gamma(T_{\phi}, \alpha_t)$ – промежуточное (рассчитываемое на основе табличного) значение объемной плотности пряжи. Значение α_t находится в интервале: $0 < \alpha_t < \alpha_{\text{max}}$.

Если с первыми двумя точками проблем не возникает, так как это значения

известные и постоянные, то выбор третьей точки требует особых пояснений.

Действительно, γ_0 – это объемная плотность мычки (волокнуистой ленточки), выходящей из выпускной пары вытяжного прибора. Для шерстяных волокон эта величина равна $0,07 \text{ мг/мм}^3$, а для хлопковых волокон она несколько больше в силу меньшей извитости волокон и большей объемной плотности вещества волокон (целлюлозы). Для хлопковых волокон, как правило, это $0,12 \text{ мг/мм}^3$.

Значение объемной плотности пряжи γ_{max} , которое перестает расти при дальнейшем росте коэффициента крутки, получило название «значение насыщения». Для хлопчатобумажной пряжи это насыщение наступает раньше и имеет большее значение, чем для шерстяной. Экспериментально установлено, что γ_{max} в зависимости от системы прядения составляет для хлопчатобумажной пряжи $1,19 \dots 1,21 \text{ мг/мм}^3$, а для шерстяной пряжи $1,08 \dots 1,14 \text{ мг/мм}^3$, так как распрямленность и толщина волокон имеют в данном случае существенное значение. Тонкие и распрямленные хлопковые волокна легче подвергаются уплотнению при кручении, чем толстые и извитые шерстяные. Отсюда и разница в начальном и конечном результатах кручения. Кроме того, объемная плотность целлюлозы – $1,54 \text{ мг/мм}^3$, а кератина – $1,36 \text{ мг/мм}^3$. Поэтому шерстяная ленточка легче изначально, чем хлопковая. А хлопковые волокна могут быть уплотнены до больших значений объемной плотности, чем шерстяные. И процесс этот протекает быстрее с ростом значений коэффициента крутки. Поэтому для хлопчатобумажной пряжи кривые выглядят круче, чем для шерстяной. Кривые шерстяной пряжи имеют более пологий вид.

Определимся с третьей промежуточной точкой кривой $\gamma(\alpha_t)$. Формально с точки зрения математики положение точки α_t на оси абсцисс не имеет значения. Главное, чтобы выполнялось условие $0 < \alpha_t < \alpha_{\text{max}}$. Однако на практике правильный выбор этой точки имеет очень важное значение.

Суть проблемы состоит в том, что третья промежуточная точка $\gamma(T_{\phi}, \alpha_t)$ должна быть подсчитана на основе значения, опре-

деленного заранее в результате лабораторных исследований.

Обратимся снова к рис. 1. Представим себе, что и для хлопковых, и для шерстяных волокон выбрали значение α_t (хлопковые волокна). В этом случае диапазон возможных значений объемной плотности хлопчатобумажной пряжи составляет $\Delta\gamma$, а диапазон изменения этого же показателя при том же значении α_t для шерстяных волокон существенно меньше (маленький пунктир в области шерстяной пряжи). В этой связи более точно определить значение $\gamma(\alpha_t)$ для хлопка проще. Если, наоборот, для расчетов взять значение α_t (шерсть), то для шерстяной пряжи получится хорошая точность, а для хлопковой – неудовлетворительная. Это вызвано тем, что в таком узком диапазоне значений (короткий пунктир в области хлопчатобумажной пряжи), который получится в этом случае для хлопковых волокон, трудно отделить одну пряжу от другой, так как все кривые лежат слишком близко друг к другу.

Рассмотрим, как из множества возможных кривых определить ту единственную, которая в данный момент необходима нам. На рис. 2 показаны два последовательных шага расчета, которые необходимо сделать для получения корректного результата.

Первый шаг – перемещение из точки 1 в точку 2. Это преобразование «образцовой» пряжи, имеющей табличные значения линейной плотности ($T_t = 40$ текс) и коэффициента крутки ($\alpha_t = 25,3$), в пряжу с фактической линейной плотностью (T_ϕ) и табличным значением коэффициента крутки.

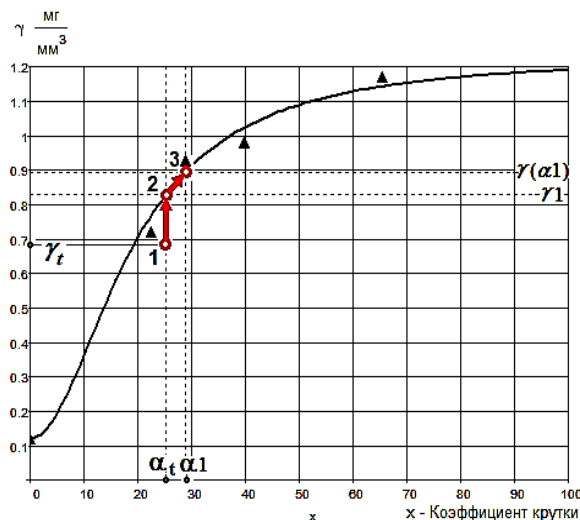


Рис. 2

Начальный этап для всех возможных праж любой линейной плотности и с любым коэффициентом крутки начинается из точки 1, координаты которой в осях « $\alpha - \gamma$ » имеют значения ($\alpha_t; \gamma_t$), определенные для линейной плотности пряжи T_t . Данный шаг осуществляется с использованием следующей формулы с подстановкой в нее значений из табл. 1:

$$\gamma(T_\phi, \alpha_t) = \gamma_t \left(\frac{T_t}{T_\phi} \right)^m. \quad (1)$$

где γ_t – табличное значение объемной плотности пряжи при $T_t = 84$ текс, $\alpha_t = 41$; m – параметр, характеризующий тонины, извитость волокон и упорядоченность структуры пряжи (определен экспериментально для различных сортов волокон шерсти).

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Качество шерсти	Значение параметра m	Объемная плотность пряжи $\gamma(T_t, \alpha_t)$, мг/мм ³
1	Меринос 80 ^К	0,11	0,68
2	Меринос 74 ^К	0,11	0,69
3	Меринос 70 ^К	0,11	0,711
4	Меринос 70/64 ^К	0,11	0,725
5	Меринос 64 ^К	0,11	0,729
6	Помесная 64/60 ^К	0,11	0,729
7	Помесная 58 ^К	0,11	0,74
8	Цигай / Кроссбред 58 ^К	0,11	0,751
9	Помесная 58/56 ^К	0,11	0,745
10	Помесная 56 ^К	0,11	0,755

11	Цигай/Кроссбред 56 ^К	0,11	0,755
12	Цигай 50 ^К	0,10	0,760
13	Кроссбред 50 ^К	0,10	0,760
14	Ангора 50 ^К	0,09	0,935
15	Цигай 48 ^К	0,10	0,765
16	Кроссбред 48 ^К	0,10	0,770
17	Ангора 48 ^К	0,09	0,955

Как видно из рисунка, этот шаг приводит к выбору необходимой кривой, так как точка 2 находится на графике, отражающем зависимость требуемой линейной плотности от коэффициента крутки.

Второй шаг – перемещение из точки 2 в точку 3. Этот шаг осуществляется с помощью предлагаемой математической модели (1). Однако, прежде чем перейти к примеру, необходимо сделать некоторые пояснения о расчете коэффициентов K_1 и K_2 .

После осуществления первого шага по переходу из точки 1 в точку 2 (см. рис. 2) и определения значения объемной плотности пряжи с фактической линейной плотностью, но с табличным значением коэффи-

циента крутки $\gamma(T_\phi, \alpha_t)$ необходимо для использования модели (1) рассчитать коэффициенты K_1 и K_2 .

Поскольку точка 2 на графике принадлежит искомой кривой, то для ее аналитического описания оказываются действительными искомыми коэффициенты на всем исследуемом диапазоне изменения независимого фактора, которым в данном случае является коэффициент крутки α . Поэтому для определения коэффициентов достаточно составить систему двух уравнений и решить ее относительно неизвестных K_1 и K_2 [11]. Таким образом, система уравнений приобретает вид:

$$\begin{cases} \gamma(T_\phi, \alpha_t) = \gamma_0 + [\gamma(T_\phi, \alpha_t) - \gamma_0]K_1 \left(1 - \frac{K_2}{K_2 + \alpha_t^2}\right) \\ \gamma_{\max} = \gamma_0 + [\gamma(T_\phi, \alpha_t) - \gamma_0]K_1 \left(1 - \frac{K_2}{K_2 + \alpha_{\max}^2}\right) \end{cases} \quad (2)$$

Решая систему уравнений (2), получим:

$$K_2 = \alpha_{\max}^2 \frac{\gamma(T_\phi, \alpha_t) - \gamma_{\max}}{(\gamma_{\max} - \gamma_0) - [\gamma(T_\phi, \alpha_t) - \gamma_0] \frac{\alpha_{\max}^2}{\alpha_t^2}}, \quad (3)$$

$$K_1 = \frac{K_2 + \alpha_t^2}{\alpha_t^2}. \quad (4)$$

После определения параметров K_1 и K_2 путем подстановки в уравнение (2) фактического значения коэффициента крутки α_ϕ определяем искомое значение объемной плотности одиночной пряжи $\gamma(T_\phi, \alpha_\phi)$.

ВЫВОДЫ

1. На основании проведенных исследований предложена математическая мо-

дель объемной плотности шерстяной аппаратной пряжи при постоянной крутке.

2. Получены справочные значения объемной плотности аппаратной пряжи для различных видов шерстяных волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г., Осьмин Н.А., Щербаков В.П. и др. Механическая технология текстильных материалов. М.: Легпромбытиздат, 1989.
2. Щербаков В.П. Прикладная и структурная механика волокнистых материалов. М.: Тико Принт, 2013.
3. Мигушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. М.: Легкая индустрия, 1980.
4. Осьмин 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. С. 45...49.
5. Щербаков В.П., Цыганов И.Б., Полякова Т.И. и др. Теория и расчет силовых факторов, опреде-

ляющих равновесную структуру крученной нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2012. №6. С. 166...171.

6. *Корицкий К.И.* Инженерное проектирование текстильных материалов. М.: Легкая индустрия, 1971. 352 с.

7. *Севостьянов А.Г.* Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007.

8. *Оленина И.В., Шустов Ю.С., Зиновьев В.П. и др.* Расчет объемной плотности и диаметра хлопчатобумажной пряжи в зависимости от коэффициента крутки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. №2. С. 135...140.

REFERENCES

1. *Sevostyanov A.G., Osmin N.A., Shcherbakov V.P. and others.* Mechanical technology of textile materials. М.: Legprombytizdat, 1989. 512 p.

2. *Shcherbakov V.P.* Applied and structural mechanics of fibrous materials. М.: Tiko Print, 2013. 304 p.

3. *Migushov I.I.* Mechanics of textile thread and fabric. М.: Light industry, 1980. 160 p.

4. *Osmin N.A., Zinov'ev T.V., Mel'nikov V.V., Zinov'ev V.P.* Method for calculating bulk density and

diameter of hardware wool yarn // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2001. No. 2(260). P. 45...49.

5. *Shcherbakov V.P., Tsyganov I.B., Polyakova T.I. etc.* The theory and calculation of power factors determining an equilibrium structure of a twisted yarn // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2012. No. 6. P. 166...171.

6. *Koritsky K.I.* Engineering design of textile materials. М.: Light Industry, 1971. 352 p.

7. *Sevostyanov A.G.* Methods and means of studying the mechanical and technological processes of the textile industry. М.: MGTU n. Kosygin, 2007.

8. *Olenina I.V., Shustov Yu.S., Zinoviev V.P. etc.* Calculation of bulk density and cotton yarn diameter depending on twist coefficient // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 2. P. 135...140.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина. Поступила 11.12.23.