

**TEKSTURLANGAN IPLAR CHIZIQIY ZICHLIGINI ANIQLASH
USLUBIYOTI**

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ
ТЕКСТУРИРОВАННЫХ НИТЕЙ**

**METHODOLOGY FOR DETERMINING THE LINEAR DENSITY OF
TEXTURED YARNS**

***Bahrom Baturovich Dautov**, Markaziy bojxona laboratoriyasi Bojxona
ekspertizasi bo'limi boshlig'i, kapitan*

***Baxtiyor Yormaxamatovich Abduganiyev**, Bojxona nazorati kafedrası professori
bojxona xizmati polkovnigi*

Annotatsiya. Teksturlangan iplar chiziqiy zichligini aniqlash metodikasi teksturlangan iplarning chiziqiy zichligini aniqlash uchun qo'llaniladi, bu iplar yuqori hajmli xususiyatlarga ega bo'lib, to'qimachilik sanoatida keng tarqalgan. Teksturlangan iplar o'ziga xos tuzilishga ega bo'lib, turli xil ip turlaridan iborat: cho'ziluvchi, buramli va hajmdor iplar. Ushbu iplar yuqori elastiklik va kuch kabi yaxshilangan xususiyatlari tufayli turli ishlab chiqarish sohalarida qo'llaniladi. Metodika bir necha bosqichni o'z ichiga oladi: namunalarni tayyorlash, maxsus asboblار yordamida o'lchovlar olish va chiziqiy zichlikni og'irlik va uzunlik orqali aniqlash. Tadqiqotlar yuqori aniqlikni va natijalarning qayta tiklanishini ta'minlaydi, bu esa mahsulotlarning ishonchliligi va sifatini ta'minlaydi.

Аннотация. Данный метод используется для определения линейной плотности текстурированных нитей, которые отличаются высокой объемной характеристикой и используются в текстильной промышленности. Текстурированные нити имеют особую структуру, включая различные типы изготавливаемых нитей, такие как вытянутые, скрученные и объемные нити. Эти нити применяются в различных областях производства благодаря своим

улучшенным характеристикам, таким как высокая эластичность и прочность. Методика включает несколько этапов, таких как подготовка образцов, их измерение с использованием специализированных инструментов, а также определение линейной плотности через анализ веса и длины нити. Исследования показывают высокую точность измерений и возможность воспроизводимости полученных результатов, что гарантирует надежность и качество используемой продукции.

Annotation. This method is used to determine the linear density of textured yarns, which are characterized by high volumetric properties and are widely used in the textile industry. Textured yarns have a unique structure, including various types of yarns, such as elongated, twisted, and bulky yarns. These yarns are applied in different manufacturing sectors due to their improved features like high elasticity and strength. The methodology involves several stages, such as sample preparation, measurements using specialized tools, and determination of linear density through weight and length analysis. Research shows high precision in measurements and reproducibility of results, ensuring the reliability and quality of the products used.

Kalit so'zlar. Teksturlangan iplar, chiziqiy zichlik, hajmdor iplar, metodika, o'lchov, xususiyatlar, kuch, elastiklik.

Ключевые слова. Текстурированные нити, линейная плотность, объемные нити, методика, измерение, характеристики, прочность, эластичность.

Keywords. Textured yarns, linear density, bulky yarns, methodology, measurement, properties, strength, elasticity.

Введение.

Текстурированные нити, (высоковолокнистые химические нити), нити текстильного комплекса (состоящие из множества элементарных нитей или мононитей), включая комплексные нити с закрутом (каждая из которых имеет свой закрут).

Текстурированная нить – это нить, подвергнутая дополнительной обработке для увеличения объема или растяжимости.

Текстурированные нити, объемные нити, синтетические волокна, отличаются от обычных текстильных нитей своим увеличенным объемом, сильной закруткой, рыхлой структурой и в некоторых случаях высокой эластичной растяжимостью.

В ряде исследований, проведенных различными учёными, был проанализирован процесс изменения структурных и физических свойств текстурированной пряжи, полученной методом false-twist. Рассмотрено влияние таких параметров, как температура, скорость и сила натяжения на линейную плотность и эластичность полиамидной и полиэфирной пряжи [1].

В другом исследовании изучены плотность, толщина, удлинение и прочность пряжи, текстурированной методом воздушной струи. Глубоко проанализировано влияние скорости подачи, давления воздуха и типов подаваемой пряжи на линейную плотность [2]. Также исследовано распределение пор в текстурированной пряже с учётом межволоконных пустот, диаметра пряжи и её линейной плотности с использованием математического моделирования. В модели подробно объяснены факторы, непосредственно влияющие на плотность пряжи [3]. Методы определения диаметра и линейной плотности пряжи с применением цифровой обработки изображений, включая как классические, так и современные подходы, были рассмотрены в научных исследованиях Wijayono A., & Putra, V. G. V. [4].

С помощью электронной микроскопии и оптических измерений разработана экспериментальная модель, по которой изучена корреляция между диаметром пряжи и её линейной плотностью [5]. Для определения линейной плотности в тканях из окрашенной пряжи применялась технология многонаправленного освещения и объединения изображений [6]. В тканях с закрытой волокнистой структурой линейная плотность измерялась с использованием фоновой подсветки и автоматизированного анализа изображений на основе методов Фурье и вейвлет-преобразований [7].

Обобщены различные методы измерения линейной плотности и диаметра пряжи, включая обнаружение дефектов, неравномерностей и узелков [8].

Разработана методология определения линейной плотности пряжи с применением теоретических формул, стандартов и микрокомпьютерной томографии [9]. Дано подробное описание единиц измерения линейной плотности пряжи (tex, dtex, denier), а также объяснена номенклатура и области применения различных систем измерений [10].

Экспериментальная часть.

Для глубокого изучения состава образца и получения информации о его химической структуре был использован метод инфракрасной (ИК) спектроскопии. Ниже приведены результаты ИК-спектра двух различных образцов.

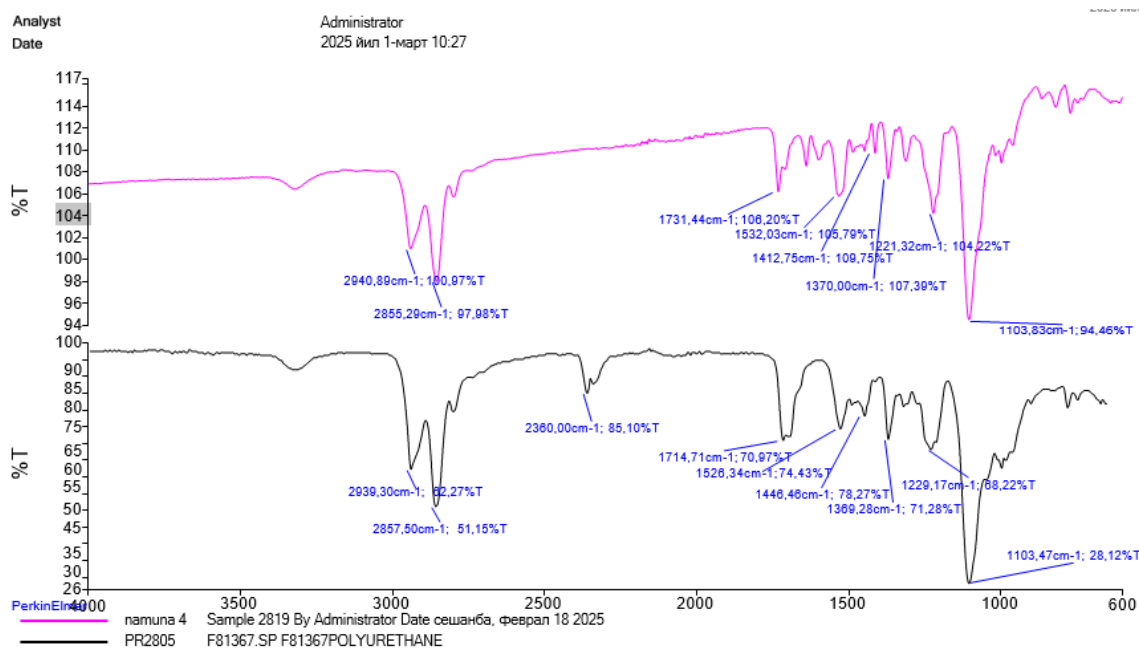


Рисунок 1. ИК-спектр полиуретановых нитей.

Анализ ИК-спектра волокон на основе полиуретана:

В спектре отображаются важные вибрации, связанные с химическим строением и составными частями полиуретана. $\sim 1731 \text{ см}^{-1}$ – сильный сигнал, соответствующий карбонильной ($\text{C}=\text{O}$) группе. Для полиуретанов он характерен как для сложных эфиров, так и для их связей. $\sim 1532 \text{ см}^{-1}$ – деформационная вибрация аминогруппы ($\text{N}-\text{H}$), возможно также связанная с ароматическими группами. $\sim 1441, 1213.2, 1370 \text{ см}^{-1}$ – ряд деформационных

вибраций, которые могут быть связаны с деформацией групп CH_2 , а также колебаниями связей C-N или C-O . $\sim 1103 \text{ см}^{-1}$ – вибрации связей C-O и C-N , играющие ключевую роль в структуре полиуретана. ИК-спектр волокон на основе полиуретана отличается выраженным и широким спектральным сигналом карбонильной (C=O) группы (на 1731 и 1714 см^{-1}), характерным для эфиров и их связей в полиуретанах. Деформационные вибрации N-H -группы наблюдаются около 1532 см^{-1} , что указывает на её присутствие в структуре полимера. Колебания групп CH_2 чётко прослеживаются в диапазоне $2858\text{--}2940 \text{ см}^{-1}$. Сигналы, соответствующие связям C-O и C-N , находятся в интервале от 1103 до 1229 см^{-1} . В целом спектр подтверждает химический состав и молекулярную структуру полиуретанов, особенно наличие карбонильных и N-H групп.

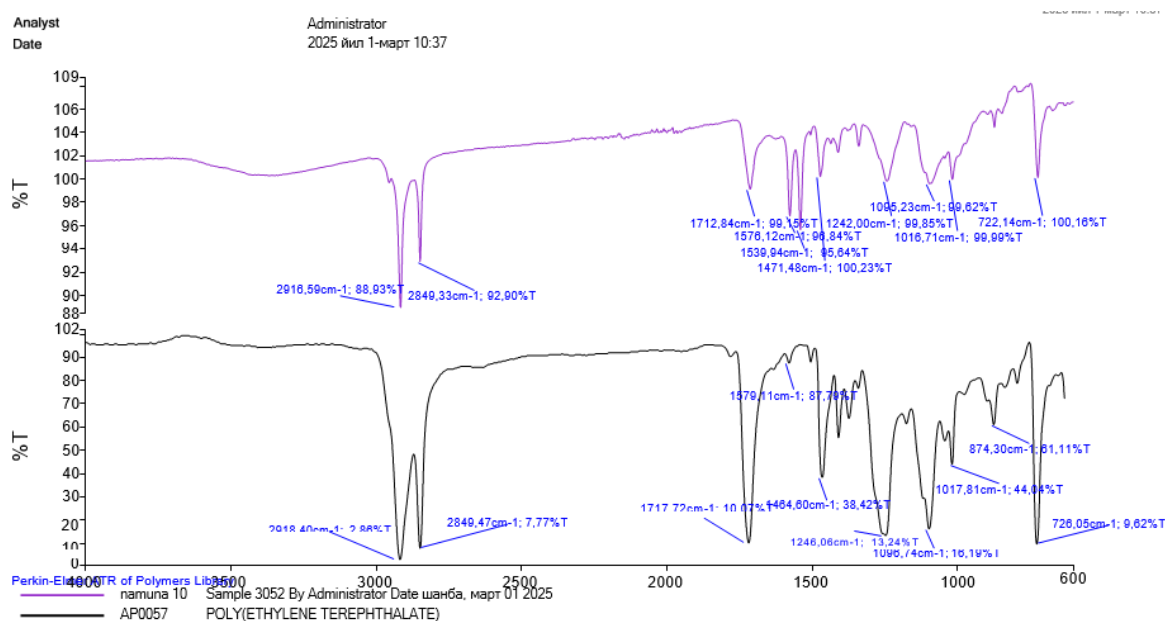


Рисунок 2. ИК-спектр полиэтилентерефталатовых нитей.

ИК-спектроскопический анализ волокон на основе полиэтилентерефталата (ПЭТ):

ИК-спектр ПЭТ чётко отражает основные химические группы и соответствующие им вибрационные полосы. В спектре присутствуют сигналы, связанные с карбонильными группами (C=O), ароматическими кольцами, CH_2 -группами и другими химическими связями.

$\sim 1712\text{--}1712.84\text{ см}^{-1}$ — сильная и широкая полоса карбонильной группы (C=O). Характерна для сложноэфирных групп, входящих в состав ПЭТ. $\sim 1572\text{ см}^{-1}$ — деформационные колебания ароматических колец. $\sim 1530\text{--}1539\text{ см}^{-1}$ — деформационные колебания, соответствующие, возможно, N–H или ароматическим структурам. $\sim 1471\text{--}1471.48\text{ см}^{-1}$ — дополнительные деформации ароматических групп. $\sim 1240\text{--}1242\text{ см}^{-1}$ — колебания C–O связей, характерные для сложноэфиров. $\sim 1095\text{--}1096\text{ см}^{-1}$ — колебания C–O и C–C связей, типичных для структуры ПЭТ.

ИК-спектр ПЭТ отличается наличием мощной широкой полосы карбонильной группы около 1712 см^{-1} , что подтверждает наличие сложноэфирных фрагментов в молекуле. Колебания ароматических групп хорошо выражены и указывают на присутствие бензольных колец в структуре полимера.

Кроме того, колебания CH_2 -групп занимают значительную часть спектра, что связано с тепловыми и механическими свойствами материала. В целом, ИК-спектр ПЭТ позволяет оценить его химический состав, степень чистоты и качество материала.

Нити с высокой степенью текстурирования изготавливаются следующим образом:

сложные синтетические нити (полиамид, полиэстер и другие) подвергаются 2500-5000 оборотам на 1 м, а термическая обработка скрученных нитей придает им спиралеобразную форму с высокой эластичной растяжимостью (до 400% и мягкостью).

Перед началом исследования образец подготавливается для испытаний.

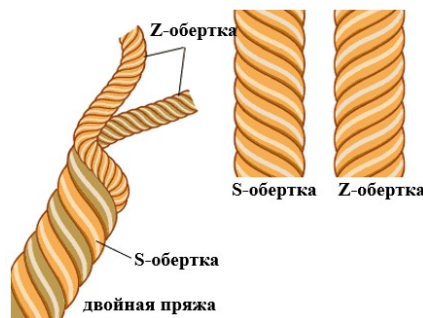


Рисунок 3. Волокна пряжи могут быть скручены этими методами.

Суть метода заключается в определении линейной плотности нити путем наматывания ее на катушку с определенным натяжением до постоянного объема и измерения путем растяжения.

Оборудование, используемое в исследовании, включает:

- Катушка с периметром (1000 ± 2) мм с любым видом устройства для натяжения нитей;
- Измеритель количества оборотов;
- Аналитические весы;
- Пинцет;
- Цифровая фотокамера;
- Тензиметр.



Рисунок 4. Оборудование, использованное в исследовании

Отбор образцов. Перед отбором образцов необходимо отделить поврежденные части и выбрать пригодную для исследования часть.

Выбор единиц образцов проводился методом случайного выбора с использованием метода максимальной объективности согласно ГОСТ 18321- 73.

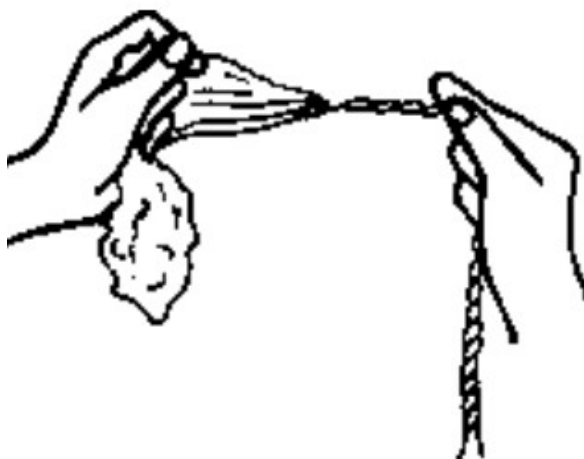


Рисунок 5. Прядение вручную

Полученные образцы должны быть извлечены из упаковки и храниться не менее 24 часов (в условиях умеренной климатической зоны: относительная влажность воздуха – $(65\pm 2)\%$ и температура воздуха – (20 ± 2) °С). В этих условиях проводится испытание.

Размотка образцов нити производится при скорости 100-200 м/мин через все нитевые каналы.

Если при намотке нити возникают различные результаты, то используется натяжение (5 ± 1) м/Н текс для намотки. После натяжения измеряется сила натяжения в области нитей перед зажимами устройства.

Для определения прочности нити или ее сжимаемой длины используют куски нити длиной 0,5 м, которые передаются на зажимы с предварительной нагрузкой 5 м/Н текс с измерением количества оборотов.

Нити нарезаются ножом вдоль зажимов устройства и наматываются на катушку.

Перед взвешиванием нити должны храниться в соответствующих условиях не менее 2 часов.

Последовательность проведения исследования. Для определения линейной плотности всех нитей или их частей масса должна быть измерена с погрешностью не более 0,5%.

Затем рассчитывается общая длина всех образцов или частей нитей, и определяется линейная плотность.

Для определения коэффициента вариации линейной плотности образцов или частей нитей их масса должна быть измерена с погрешностью не более 0,5% или с погрешностью не более 0,05 мг для каждого сегмента. После этого все образцы или части нитей взвешиваются и сравниваются с суммой масс, полученных при отдельном взвешивании.

Если разница в массах между совокупным и отдельным взвешиванием превышает 1,5%, все взвешивания повторяются.

Результаты исследования. Реальная линейная плотность текстурированной нити (Т) рассчитывается следующим образом:

$$T_x = \frac{1000 * \sum m}{l * n}$$

Здесь:

m – общая масса образцов нити, г;

l – общая длина нити в образце, м;

n – количество образцов.

Для оценки неоднородности линейной плотности нити используется коэффициент вариации, который рассчитывается по следующей формуле.

$$C = \frac{\sigma * 100}{\bar{M}}$$

Здесь:

σ – среднеквадратическое отклонение;

$\bar{M}$ – среднее арифметическое значение результатов испытаний.

Расчёты выполняются с точностью до второй десятичной, затем округляются до первой десятичной. Среднее арифметическое значение результатов испытаний ($\bar{M}$) рассчитывается по следующей формуле.

$$\bar{M} = \frac{\sum M}{n}$$

Здесь:

$\sum M$ – сумма первичных результатов испытаний (показатели приборов, зафиксированные с ошибкой, соответствующей одной делёнке измерительного прибора);

n – общее количество испытаний.

В качестве промежуточного результата при использовании среднего арифметического значения его значение должно быть больше на одну цифру, чем первичные результаты испытаний.

Если среднее арифметическое является итоговым результатом, его значение должно иметь такую же точность, как и первичные результаты испытаний.

Среднеквадратическое отклонение (σ) рассчитывается по следующей формуле.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (M - \bar{M})^2}{n - 1}}$$

Условная линейная плотность нити (T_k) рассчитывается по следующей формуле:

$$T_k = T_x \frac{(100 + W_n)}{(100 + W_f)}$$

Здесь:

T_x – истинная линейная плотность нити, текс;

W_n – нормальная влажность, %;

W_f – истинная влажность нити по ГОСТ 6611.4, %.

Расчёты выполняются с точностью до второй десятичной, затем округляются до первой десятичной.

Линейная плотность образца, состоящего из монопилей (каноп, жилка и др.), не превышающих 50 текс, считается текстурированной нитью. Текстурированные нити с высокой растяжимостью обладают растягивающимися свойствами в 2-3 раза больше их объёма. К таким нитям относятся (суперлофт, хеланка, твсил, силастик).

Технологические свойства текстурированных нитей.

Номер этикетки	Линейная плотность (текс / деньер)	Масса на разрыв (граммы)	Намотка (метры)
----------------	--	-----------------------------	-----------------

80 (скрученные)	35 / 300	1370 $\pm$ 5%	5.000 / 20.000
90 (некрученные)	35 / 300	1370 $\pm$ 5%	5.000 / 15.000
120 (скрученные)	24 / 220	650 $\pm$ 5%	7.500 / 25.000
130 (некрученные)	24 / 220	650 $\pm$ 5%	7.500 / 25.000
160 (скрученные)	18 / 150	600 $\pm$ 5%	10.000 / 30.000

Отчёт о исследовании. В отчёте о исследовании должны быть отражены следующие данные:

- Исследование проведено на основе методики идентификации текстурированных нитей;
- Заключение, сделанное на основе проведённого исследования;
- Информация о эксперте и его подпись.

Вывод. Методика определения линейной плотности текстурированных нитей позволяет точно измерять и оценивать важные характеристики этих нитей, которые играют важную роль в текстильной промышленности. Использование данной методики обеспечивает высокую точность результатов и надёжность, что является критически важным для контроля качества продукции. Текстурированные нити, обладающие улучшенными свойствами, такими как высокая эластичность и прочность, широко используются в различных областях производства, включая одежду и технические текстили. С помощью этого метода можно эффективно контролировать производство и улучшать качество готовых изделий.

Список литературы.

1. Du, R., & Zhang, L. / *A review on false-twist texturing.*/ *Fibers*, (2022) 10 (4), 36. MDPI. <https://doi.org/10.3390/fib10040036>
2. Baldua, R. K., Kothari, V. K., & Rengasamy, R. S. /*Effect of process variables and feeder yarn properties on the properties of core-and-effect and normal air-jet textured yarns*/ *Journal of the Textile Institute*, (2014). 105(3), 245–253. <https://doi.org/10.1080/00405000.2013.817213>
3. Matusiak, M., & Przybylak, G./*Modelling pore size distribution function of twist-texturized yarns and single-jersey knitted fabrics*/Fibers, (2023). (2023). 11(4), 48. <https://doi.org/10.3390/fib11040048>

4. Wijayono, A., & Putra, V. G. V./Implementation of digital image processing and computation technology on measurement and testing of various yarn parameters/ arxiv. (2018). <https://arxiv.org/abs/1810.07649>
5. Carvalho, V., Soares, F. O., Machado, J. A. T., & Cunha, F. Yarn diameter and linear mass correlation. Journal of Nondestructive Evaluation, (2009). 28(3), 111–117. <https://doi.org/10.1007/s10921-009-0046-8>
6. Lin, F., Xu, Y., & Li, M. /Yarn-dyed woven fabric density measurement method based on multi-directional illumination and image fusion/Journal of the Textile Institute, (2019). 110(12), 1786–1795. <https://doi.org/10.1080/00405000.2019.1706222>
7. Zhang, L., Zhang, H., & Wang, Y. /Automated density measurement of weft knitted fabrics using backlight imaging. Wuhan University Journal of Natural Sciences, (2023). 28(3), 508–515. https://wujns.edpsciences.org/articles/wujns/full_html/2023/06/wujns-1007-1202-2023-06-0508-15/wujns-1007-1202-2023-06-0508-15.html
8. Patel, J., & Thakkar, A. /A review on yarn quality parameter measurement/ International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), (2021). 10(8), 1–6. <https://www.ijert.org/a-review-on-yarn-quality-parameter-measurement>
9. Asim, M./Non-destructive characterizations of natural yarns and fabrics. / Textile Engineering/(2021). Intech Open. <https://www.intechopen.com/chapters/80883>
10. Wikipedia contributors. (n.d.). Units of textile measurement. Wikipedia. Retrieved July 3, 2025, from https://en.wikipedia.org/wiki/Units_of_textile_measurement