

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ И АНАЛИЗА РАЗМЕРНОСТИ
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ ПРЯЖИ**

**APPLICATION OF SIMILARITY THEORY AND DIMENSIONAL ANALYSIS
TO PREDICT YARN BREAKING LOAD**

Д.В. СИЧЕВОЙ, К.Э. РАЗУМЕЕВ, Н.Е. ФЕДОРОВА, С.А. ГОЛАЙДО

D.V. SICHEVOY, K.E. RAZUMEEV, N.E. FEDOROVA, S.A. GOLAYDO

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: dmitriy.sichevoy@gmail.com; k.razumeev@rambler.ru

В работе получена математическая модель для прогнозирования разрывной нагрузки пряжи. Для расчетов использовалась теория подобия и анализа размерностей. Данный метод прогнозирования с высокой степенью точности позволяет получить многофакторную модель для описания влияния параметров строения на прочность пряжи.

The work obtained a mathematical model for predicting the breaking load of the yarn. For the calculations, the theory of similarity and dimension analysis was used. This method of forecasting with a high degree of accuracy allows you to obtain a multivariate model for describing the effect of structure parameters on the strength of the yarn.

Ключевые слова: разрывная нагрузка пряжи, коэффициент крутки, линейная плотность пряжи, прогнозирование, теория подобия и анализа размерностей, математическая модель.

Keywords: breaking load of yarn, twist coefficient, linear density of yarn, prediction, theory of similarity and dimensional analysis, mathematical model.

Возможность предварительного качественно-теоретического анализа и выбора системы определяющих безразмерных параметров дает теория подобия и анализа размерностей. Она может быть приложена к рассмотрению весьма сложных явлений и значительно облегчает обработку экспериментов.

С помощью теории размерности можно получить выводы при рассмотрении таких явлений, которые зависят от большого количества параметров, но при этом некоторые из этих параметров в известных случаях становятся несущественными. Иногда в начальной стадии изучения некоторых

сложных явлений теория размерности является единственно возможным теоретическим методом.

Принципиальной особенностью исследований на основе теории подобия является установление условия подобия физических процессов, происходящих в модели и натурном объекте, и приведение результатов испытаний модели к условиям натурального объекта.

Методы теории подобия определяют основу подхода к проведению испытаний (опытов) в натуральных условиях и на моделях, к обработке полученной информации и распространению ее на другие объекты, в

том числе и вновь создаваемые и недоступные экспериментальным исследованиям [1].

Рассмотрим влияние параметров строения на разрывную нагрузку шерстяной пряжи, предназначенной для трикотажного производства [2...4]. Для этого используем следующую функциональную зависимость:

$$P_p = f(v, N, \alpha, T),$$

где P_p – разрывная нагрузка пряжи, Н; α – коэффициент крутки; N – количество сложений; T – линейная плотность пряжи, текс; v – скорость растяжения, м/с.

На основании теории подобия и анализа размерностей вышеуказанную зависимость можно представить в виде комплекса безразмерных показателей:

$$P_p = \eta = f(N\alpha; v^2T),$$

где η – безразмерный показатель, характеризующий изменение прочности в зависимости от параметров строения; $N\alpha$ – безразмерный показатель, характеризующий крутку; v^2T – безразмерный показатель, характеризующий параметры испытаний и параметры строения пряжи.

Так как на прочность пряжи имеют влияние два комплекса, то формула для расчета безразмерного показателя:

$$\eta = \eta_1 \eta_2,$$

где η_1 – безразмерный показатель, характеризующий действие крутки; η_2 – безразмерный показатель, характеризующий структурные характеристики пряжи и параметры испытаний.

В табл. 1 представлены результаты расчета разрывной нагрузки пряжи.

Т а б л и ц а 1

№	T	α	P_p	v	v^2T	$N\alpha$	η_1	η_2	P_p расч	Отклонение, %
1	84	42	2,14	100	840	42	0,0030	725,93	2,12	0,99
1	130	54	3,32	100	1300	54	0,0040	837,98	3,23	2,58
1	150	65	3,98	100	1500	65	0,0047	846,19	3,99	0,26
2	64	18	1,57	100	640	36	0,0023	671,79	1,54	2,05
3	84	20	3,29	100	840	60	0,0044	752,23	3,15	4,45
2	90	22	2,30	100	900	44	0,0031	731,65	2,30	0,35
2	140	28	3,57	100	1400	56	0,0041	870,43	3,42	4,31

Для исследуемых тканей зависимость для η_1 при усредненных значениях v^2T можно представить в виде экспоненциальной функции (рис. 1):

$$\eta_1 = f(N\alpha) = 0,004 \ln(N\alpha) - 0,012.$$

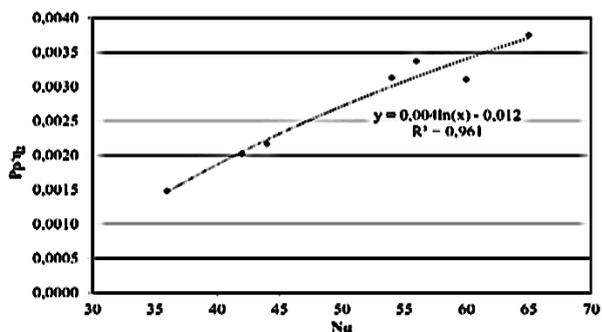


Рис. 1

Зависимость для η_2 при усредненных значениях N имеет вид (рис. 2):

$$\eta_2 = f(v^2T) = 228,07 \ln(v^2T) - 802,25.$$

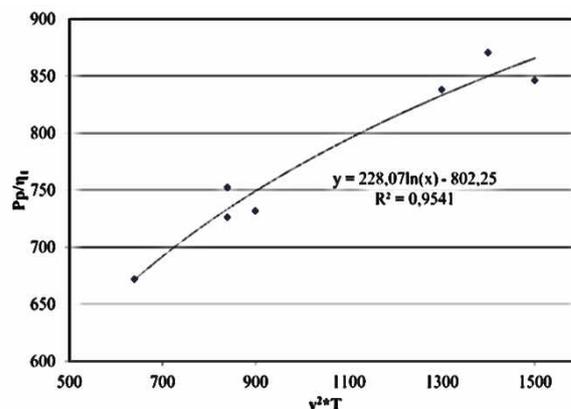


Рис. 2

Таким образом, итоговая формула для расчета разрывной нагрузки пряжи имеет

$$P_p = 0,98(0,004\ln(N\alpha) - 0,012)(228,07\ln(v^2T) - 802,25).$$

Формула справедлива для $36 \leq N\alpha \leq 65$ и $0,0015 \leq v^2T \leq 0,0038$. Отклонение фактических значений от расчетных не превышает 4,45%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шустов Ю.С. Разработка методов прогнозирования строения и свойств текстильных материалов с использованием теории подобия и анализа размерностей: Дис. ... докт. техн. наук. – М., 2003.

2. Разумеев К.Э., Зиновьева А.В., Сичевой Д.В. Современная информация и динамика производства шерсти редких видов // Швейная промышленность. – 2015, №5-6. С. 15...17.

3. Сичевой Д.В., Разумеев К.Э., Денисова Е.В., Лусинян И.В. Вопрос об эффективном распознавании сырья натурального происхождения // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (23-27 мая 2016, XIX Междунар. научн.-практ. форум (SMAR-TEX-2016), Иваново). – 2016. Ч.1. С.191...193.

4. Сичевой Д.В., Разумеев К.Э., Денисова Е.В. Использование современных методов исследования материалов животного происхождения // Швейная промышленность. – 2016, №1-2. С.24...28.

5. Разумеев К.Э., Севостьянов И.А., Самойлова Т.А., Тихомирова М.Л. Об одном методе обнаружения локальной неровности продуктов прядения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №6. С. 125...128.

6. Разумеев К.Э., Севостьянов И.А., Самойлова Т.А., Байчоров Т.М. Повышение эффективности выравнивания и смешивания на кардочесальных машинах с использованием вероятностных факторов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №4. С. 80...83.

7. Разумеев К.Э., Федорова Н.Е. Исследование сил трения между волокнами полушерстяной ленты в целях обоснования технологии переработки полуфабрикатов прядения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №3. С. 64...67.

8. Разумеев К.Э., Мовшович П.М., Павлюченко Е.В. Новое в прядении // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №4. С. 64...68.

9. Minfeng Tang, Weiping Zhang, I tui Zhou, Jing Fei, Juan Yang, Weimin Lu, Shuya Zhang, Shanghua Ye. and Xiaoping Wang. A real-time PCR method for quantifying mixed cashmere and wool based on hair mitochondrial DNA // Textile Research Journal. – September 2014. Vol. 84, 15. P. 1612...1621.

10. Cinzia Tonetti, Claudia Vineis, Annalisa Aluigi, and Claudio Tonin. Immunological method for the iden-

следующий вид:

tification of animal hair fibres // Textile Research Journal. – December 2012. Vol. 82, 8. P. 766...772.

11. Yueqi Zhong, Kai Eu, Jun Tian, and Hong Zhu. Wool/cashmere identification based on projection curves // Textile Research Journal. – August 2, 2016. 0040517516658516

12. Claudia Vincis, Cinzia Tonetti, Sara Paoletta, PierDavide Pozzo and Stefano Sforza. A UPLC/ESI-MS method for identifying wool, cashmere and yak fibres // Textile Research Journal. – June 2014. Vol. 84, 9. P. 953...958.

REFERENCES

1. Shustov Yu.S. Development of methods for predicting the structure and properties of textile materials using the theory of similarity and dimensional analysis: Dis. ... doc. tech. Sciences. – М., 2003.

2. Razumeev K.E., Zinovieva A.V., Sichevoi D.V. Modern information and dynamics of the production of rare wool // Sewing industry. – 2015, № 5-6. P. 15...17.

3. Sichevoi D.V., Razumeev K.E., Denisova E.V., Lusinyan I.V. The issue of effective recognition of raw materials of natural origin // Physics of fibrous materials: structure, properties, high technologies and materials (May 23-27, 2016, XIX International Scientific and Practical Forum (SMAR-TEX-2016), Ivanovo). – 2016. Part 1. P.191...193.

4. Sichevoi D.V., Razumeev K.E., Denisova E.V. The use of modern methods for the study of materials of animal origin // Sewing industry. – 2016, № 1-2. P.24...28.

5. Razumeev K.E., Sevostyanov I.A., Samoilova T.A., Tikhomirova M.L. On one method for detecting local unevenness of spinning products // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 6. P.125...128.

6. Razumeev K.E., Sevostyanov I.A., Samoilova T.A., Baichorov T.M. Improving the efficiency of alignment and mixing on carding machines using probabilistic factors // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 4. P. 80...83.

7. Razumeev K.E., Fedorova N.E. Investigation of the friction forces between the fibers of a semi-woolen tape in order to justify the technology of processing semi-finished products of spinning // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 3. P. 64...67.

8. Razumeev K.E., Movshovich P.M., Pavlyuchenko E.V. New in spinning // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, № 4. P. 64...68.

9. Minfeng Tang, Weiping Zhang, 1 tui Zhou, Jing Fei, Juan Yang, Weimin Lu, Shuya Zhang, Shanghua Ye. and Xiaoping Wang. A real-time PCR method for quantifying mixed cashmere and wool based on hair mitochondrial DNA // *Textile Research Journal*. – September 2014. Vol. 84, 15. P. 1612...1621.

10. Cinzia Tonetti, Claudia Vineis, Annalisa Aluigi, and Claudio Tonin. Immunological method for the identification of animal hair fibres // *Textile Research Journal*. – December 2012. Vol. 82, 8. P. 766...772.

11. Yueqi Zhong, Kai Eu, Jun Tian, and Hong Zhu. Wool/cashmere identification based on projection

curves // *Textile Research Journal*. – August 2, 2016. 0040517516658516

12. Claudia Vincis, Cinzia Tonetti, Sara Paoella, PierDavide Pozzo and Stefano Sforza. A UPLC/ESI-MS method for identifying wool, cashmere and yak fibres // *Textile Research Journal*. – June 2014. Vol. 84, 9. P.953...958.

Поступила 24.01.12.
