

**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;  $\alpha$  – 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  $\eta$  – 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  $\eta_1$  – безразмерный показатель, характеризующий действие крутки;  $\eta_2$  – 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   | $\alpha$ | $P_p$ | v   | $v^2T$ | $N\alpha$ | $\eta_1$ | $\eta_2$ | $P_p$ 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  $\eta_1$  при усредненных значениях  $v^2T$  можно представить в виде экспоненциальной функции (рис. 1):

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

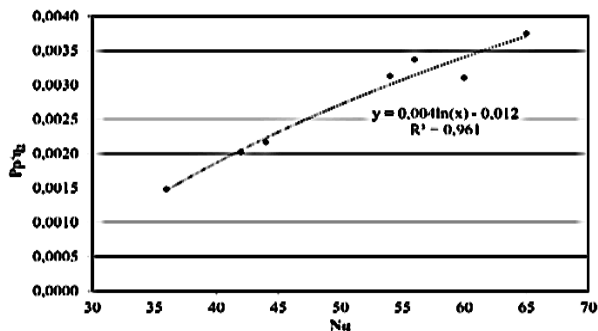


Рис. 1

Зависимость для  $\eta_2$  при усредненных значениях  $N$  имеет вид (рис. 2):

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

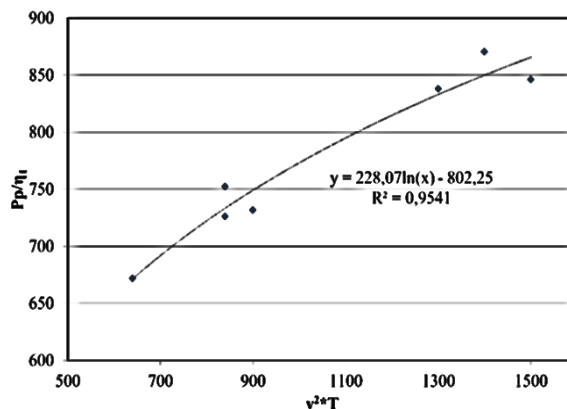


Рис. 2

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. Razrabotka metodov prognozirovaniya stroeniya i svoystv tekstil'nykh materialov s ispol'zovaniem teorii podobiya i analiza razmernostey: Dis. ... dokt. tekhn. nauk. – M., 2003.

2. Razumeev K.E., Zinov'eva A.V., Sichevoy D.V. Sovremennaya informatsiya i dinamika proizvodstva shersti redkikh vidov // Shveynaya promyshlennost'. – 2015, №5-6. S. 15...17.

3. Sichevoy D.V., Razumeev K.E., Denisova E.V., Lusinyan I.V. Vopros ob effektivnom raspoznavanii syr'ya natural'nogo proiskhozhdeniya // Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (23-27 maya 2016, XIX Mezhdunar. nauchn.-prakt. forum (SMAR-TEX-2016), Ivanovo). – 2016. Ch.1. S.191...193.

4. Sichevoy D.V., Razumeev K.E., Denisova E.V. Ispol'zovanie sovremennykh metodov issledovaniya materialov zhivotnogo proiskhozhdeniya // Shveynaya promyshlennost'. – 2016, №1-2. S.24...28.

5. Razumeev K.E., Sevost'yanov I.A., Samoylova T.A., Tikhomirova M.L. Ob odnom metode obnaruzheniya lokal'noy nerovnoty produktov pryadeniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №6. S. 125...128.

6. Razumeev K.E., Sevost'yanov I.A., Samoylova T.A., Baychоров T.M. Povyshenie effektivnosti vyravnivaniya i smeshivaniya na kardochesal'nykh mashinakh s ispol'zovaniem veroyatnostnykh faktorov // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №4. S. 80...83.

7. Razumeev K.E., Fedorova N.E. Issledovanie sil treniya mezhdz voloknami polusherstyanyoy lenty v tselyakh obosnovaniya tekhnologii pererabotki polufabrikatov pryadeniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №3. S. 64...67.

8. Razumeev K.E., Movshovich P.M., Pavlyuchenko E.V. Novoe v pryadenii // Izvestiya Vysshikh

Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2018, №4. S. 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 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.

Поступила 24.01.12.

---