

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТКАНИ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

FORECASTING THE EXTERNAL IMPACT ON THE TISSUE OF BALLISTIC PURPOSE

Я.И. БУЛАНОВ, А.В. КУРДЕНКОВА, Ю.С. ШУСТОВ
YA.I. BULANOV, A.V. KURDENKOVA, YU.S. SHUSTOV

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))
E-mail: akurdenkova@yandex.ru

В работе проведено исследование и разработан метод прогнозирования нагрузки при прорезании тканей баллистического назначения в зависимости от влажности ткани, структурных характеристик и количества слоев. В результате получена математическая модель, позволяющая с высокой степенью точности прогнозировать нагрузку при прорезании баллистических тканей.

The research is carried out and a method for predicting the load during cutting of ballistic tissue depending on the moisture of the fabric, the structural characteristics and the number of layers is developed. As a result, a mathematical model has been obtained that allows one to predict the load with a high degree of accuracy when cutting ballistic tissues.

Ключевые слова: ткани баллистического назначения, нагрузка при прорезании, количество слоев, влажность ткани, структурные характеристики, прогнозирование, математическая модель.

Keywords: ballistic cloth, load at cutting, number of layers, fabric moisture, structural characteristics, forecasting, mathematical model.

Большое количество преступлений, совершенных с использованием холодного оружия и иными колющими и режущими предметами, в разного рода конфликтах, местах лишения свободы и т.д. ставит задачу по изучению антипрокольных и антипрорезных свойств и разработке все более

эффективных средств защиты преимущественно от холодного оружия и предметов их имитирующих. В связи с вышесказанным разработка методов оценки и прогнозирования физико-механических свойств тканей баллистического назначения является актуальной задачей.

В качестве объектов исследования были выбраны образцы тканей баллистического

назначения (табл. 1 – структурные характеристики тканей для бронежилетов).

Т а б л и ц а 1

Показатель качества	арт. 86144	арт. 86136	арт. 86294	арт. 53631	арт. 84127
Толщина b , мм	0,27	0,26	0,27	0,30	0,23
Линейная плотность нитей основы T_o , текс	55,0	61,0	29,5	62,0	34,0
Линейная плотность нитей утка T_y , текс	55,0	60,0	29,5	60,0	32,0
Плотность ткани по основе Π_o , число нитей / 10 см	150	130	270	150	240
Плотность ткани по утку Π_y , число нитей / 10 см	140	140	240	150	210
Поверхностная плотность ткани M_1 , г/м ²	164,5	168,4	152,6	187,0	152,0
Переплетение	саржевое	атласное	полотняное	вафельное	полотняное

Для определения зависимости нагрузки при прорезании параарамидных тканей от влажности ткани, скорости движения индентора,

количества слоев и параметров строения полотен воспользуемся методами теории подобия и анализа размерностей [1...4]:

$$Q_{\text{пр}} = f(Q_{\text{пр. исх}}, W_{\text{тк}}, W_{\text{тк } 65}, n, d, t, T_o, T_y, \Pi_o, \Pi_y, t_o, t_y, R_o, R_y), \quad (1)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – нагрузка при прорезании параарамидной ткани после изменения влажности ткани, скорости движения индентора, количества слоев, N ; $Q_{\text{пр.исх}}$ – нагрузка при прорезании параарамидной ткани в 1 слой при влажности ткани 65% при скорости движения индентора 500 мм/мин, N ; $W_{\text{тк}}$ – влажность ткани при воздействии водной среды, %; $W_{\text{тк } 65}$ – влажность ткани при 65%-ной влажности воздуха (нормальные кондиционные условия), %; n – количество слоев ткани; v – скорость движения индентора, м/с; d – диаметр отверстия для прокалывания в зажиме для закрепления образца, м, $d=0,06$ м; t – время проникновения насадки на 5 мм сквозь образец, с; K – коэффициент, характеризующий структуру ткани:

$$K = \frac{t_o t_y}{R_o R_y} \frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o}, \quad (2)$$

T_o, T_y – линейная плотность нити основы и утка, текс; Π_o, Π_y – плотность ткани по основе и утку, число нитей / 10 см; t_o – число основных перекрытий в раппорте по основе; t_y – число уточных перекрытий в раппорте по утку; R_o – раппорт переплетения по основе ткани; R_y – раппорт переплетения по утку ткани.

Применяя методы анализа размерностей, функциональное соотношение можно выразить через безразмерные комплексы. Тогда соотношение примет вид:

$$\frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{пр. исх}}} = f(\eta_1, \eta_2), \quad (3)$$

где η_1 – безразмерный показатель, характеризующий влияние влажности ткани и скорости движения индентора на нагрузку при прорезании ткани; η_2 – безразмерный показатель, характеризующий структурные характеристики тканей и количество слоев.

Для установления степени влияния каждого из указанных параметров находим зависимости:

$$\eta = \eta_1 \eta_2. \quad (4)$$

В работе проведены испытания для определения экспериментальных данных. Нагрузка при прорезании определялась на испытательной системе Инстрон серии 4411 с помощью индентора в виде однозаточенного ножа.

По результатам эксперимента были получены математические зависимости для двух безразмерных комплексов:

$$\eta_1 = f\left(\frac{W_{\text{TK}} vt}{W_{\text{TK } 65} d}\right) = 2,452\left(\frac{W_{\text{TK}} vt}{W_{\text{TK } 65} d}\right) - 0,186, \quad (5)$$

где η_1 – безразмерный показатель, характеризующий влияние влажности ткани и скорости движения индентора на нагрузку при прорезании ткани.

$$\eta_2 = f(nK) = \frac{(nK)}{0,834(nK) + 0,017}, \quad (6)$$

где η_2 – безразмерный показатель, характеризующий структуру ткани.

Таким образом, окончательная формула для расчета нагрузки при прорезании примет вид:

$$Q_{\text{пр. расч}} = 0,826Q_{\text{пр. исх}} \left(2,452\left(\frac{W_{\text{TK}} vt}{W_{\text{TK } 65} d}\right) - 0,186 \right) \left(\frac{(nK)}{0,834(nK) + 0,017} \right). \quad (7)$$

Формула справедлива при $40 \leq W_{\text{TK}} \leq 90$; $100 \leq v \leq 500$; $1 \leq n \leq 8$; $0,89 \leq nK \leq 34,73$; $9,18 \leq Q_{\text{пр исх}} \leq 31,70$. Отклонение расчетных значений от экспериментальных не превышает 5,80%.

ВЫВОДЫ

Получена математическая модель, позволяющая с высокой степенью точности прогнозировать нагрузку при прорезании в зависимости от влажности параарамидных тканей, скорости движения индентора, количества слоев и параметров строения образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курденкова А.В., Буланов Я.И., Шустов Ю.С. Прогнозирование прочности тканей баллистического назначения при воздействии различных внешних факторов // Вестник технолог. ун-та. Казань. – 2015. Т.18, №6. С.147...150.
2. Буланов Я.И., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. Исследование механических свойств баллистических тканей с учетом количества слоев // Химические волокна. – 2014, №5. С. 41...43.
3. Буланов Я.И., Курденкова А.В., Шустов Ю.С., Гембач В.В. Исследование влияния обработки баллистических тканей спиртовым раствором канифоли на усилии прокола // Химические волокна. – 2017, №1.

4. Курденкова А.В., Буланов Я.И., Шустов Ю.С. Прогнозирование нагрузки при прорезании тканей, применяемых для изготовления бронежилетов с учетом влажности и количества слоев // Дизайн и технологии. – №45 (87). С. 62...67.

REFERENCES

1. Kurdenkova A.V., Bulanov Ya.I., Shustov Yu.S. Prognozirovanie prochnosti tkaney ballisticheskogo naznacheniya pri vozdeystvii razlichnykh vneshnikh faktorov // Vestnik tekhnolog. un-ta. Kazan'. – 2015. T.18, №6. S.147...150.
2. Bulanov Ya.I., Shustov Yu.S., Kurdenkova A.V. Issledovanie mekhanicheskikh svoystv ballisticheskikh tkaney s uchedom kolichestva sloev // Khimicheskie volokna. – 2014, №5. S. 41...43.
3. Bulanov Ya.I., Kurdenkova A.V., Shustov Yu.S., Gembach V.V. Issledovanie vliyaniya obrabotki ballisticheskikh tkaney spirtovym rastvorom kanifoli na usilie prokola // Khimicheskie volokna. – 2017, №1.
4. Kurdenkova A.V., Bulanov Ya.I., Shustov Yu.S. Prognozirovanie nagruzki pri prorezanii tkaney, primenyaemykh dlya izgotovleniya bronezhiletov s uchedom vlazhnosti i kolichestva sloev // Dizayn i tekhnologii. – №45 (87). S. 62...67.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы. Поступила 29.05.18.