

ТОВАРОВЕДЕНИЕ И ЭКСПЕРТИЗА ТОВАРОВ

В. В. САДОВСКИЙ, Т. А. ГАПОНОВА

ИЗМЕНЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ТКАНЕЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СВЕТОПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

Авторами статьи исследовано изменение устойчивости к истиранию тканей различного волокнистого состава и переплетения под воздействием светопогодных условий, построены математические модели, прогнозирующие падение устойчивости к истиранию после действия климатических условий.

Ключевые слова: хлопчатобумажные ткани; льняные ткани; воздействие светопогодных условий; стойкость к истиранию.

УДК 677.017.84

При производстве текстильных изделий особое внимание уделяется сохранению их качества в процессе эксплуатации. Поскольку качество изделий зависит от структуры и сырьевого состава тканей, из которых они изготовлены, то об изменении первоначальных свойств изделий в процессе эксплуатации можно судить по изменению физико-механических свойств тканей [1]. Так как текстильные изделия, относящиеся к верхней одежде, в процессе эксплуатации находятся под воздействием светопогоды, то представляет практический интерес исследование ее влияния на изменения свойств тканей [2; 3].

Вследствие этого целью данной работы является исследование и прогнозирование устойчивости к истиранию тканей под воздействием таких факторов светопогоды, как температура и влажность окружающей среды, интенсивность солнечного излучения, а также время воздействия данных факторов [4; 5].

Исследованию подвергались три вида образцов: ткань, состоящая из хлопка (100 %) полотняного переплетения, смесовая ткань, состоящая из льна (50 %) и хлопка (50 %) переплетения рогожка и смесовая ткань, состоящая из хлопка (55 %) и полиэстера (45 %) полотняного переплетения. Основные характеристики данных тканей приведены в табл. 1.

Виктор Васильевич САДОВСКИЙ (sadovskiy_v@bseu.by), доктор технических наук, профессор, первый проректор Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь);

Татьяна Андреевна ГАПОНОВА (tanushkin93@gmail.com), аспирантка кафедры товароведения непродовольственных товаров Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Беларусь).

Таблица 1. Характеристики тканей

Характеристика	Вид образца		
	Хлопок + лен переплетения рогожка	Хлопок (100 %) полотняного переплетения	Хлопок (55 %) + ПЭ (45 %) полотняного переплетения
Толщина, мм	0,043	0,026	0,021
Плотность, г/см ³	0,5	0,375	0,44

Для оценки изменения устойчивости к истиранию тканей при одновременном воздействии нескольких факторов были применены методы математического планирования эксперимента. Известно [6], что при одновременном воздействии четырех факторов на объект исследования можно с высокой точностью описать поверхность отклика при помощи квази-D-оптимального плана. Такой план эксперимента является более рациональным, чем другие планы второго порядка, применяемые для исследования различных параметров при том же количестве факторов, т. е. для четырехфакторного эксперимента необходимо провести 24 опыта, а не 32, как при полном факторном эксперименте. Данный план включает в себя полный факторный эксперимент, состоящий из 16 опытов при максимальных и минимальных значениях уровней факторов и восьми экспериментов, содержащих центральные значения уровней факторов. Матрица планирования эксперимента представлена в табл. 2, где x_1 — температура окружающей среды, °С; x_2 — влажность окружающей среды, %; x_3 — интенсивность солнечного излучения, Вт/м²; x_4 — время воздействия первых трех факторов, ч.

Таблица 2. Матрица планирования эксперимента [7]

№ опыта	x_1	x_2	x_3	x_4
1	-1	-1	-1	-1
2	-1	-1	-1	+1
3	-1	-1	+1	-1
4	-1	-1	+1	+1
5	-1	+1	-1	-1
6	-1	+1	-1	+1
7	+1	-1	-1	-1
8	+1	-1	-1	+1
9	-1	+1	+1	-1
10	-1	+1	+1	+1
11	+1	-1	+1	-1
12	+1	-1	+1	+1
13	+1	+1	-1	-1
14	+1	+1	-1	+1
15	+1	+1	+1	-1
16	+1	+1	+1	+1
17	0	0	0	-1
18	0	0	0	+1
19	+1	0	0	0
20	-1	0	0	0
21	0	+1	0	0
22	0	-1	0	0
23	0	0	+1	0
24	0	0	-1	0

Функция отклика, согласно данному плану эксперимента, описывается полиномом второй степени [6]

$$y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_i^2 + \sum b_{ij} x_i x_j. \quad (1)$$

Для расчета коэффициентов регрессии использовались следующие формулы [6]:

$$b_0 = \frac{1}{6} \sum_{u=1}^N y_u - \frac{3}{16} \sum_{u=1}^{N_1} y_u, \quad (2)$$

$$b_i = \frac{1}{18} \sum_{u=1}^N x_{iu} y_u, \quad (3)$$

$$b_{ij} = \frac{1}{16} \sum_{u=1}^N x_{ij} y_u, \quad (4)$$

$$b_{ii} = -\frac{1}{6} \sum_{u=1}^N y_u - \frac{5}{16} \sum_{u=1}^{N_i} y_u + \frac{1}{2} \sum x_{iu}^2 y_u. \quad (5)$$

где N — полное число опытов в плане; N_1 — число опытов в полном факторном эксперименте; y_u — значение параметра выхода в этом опыте; x_{iu} — кодированное значение фактора x_{iu} в u -м опыте.

Величины коэффициентов в уравнении регрессии показывают степень влияния каждого отдельного фактора на рассматриваемый параметр выхода, а знак перед коэффициентом — направление влияния (увеличение или уменьшение). Значимость коэффициентов регрессии определялась с помощью статистики Стьюдента, а значимость уравнения в целом — статистики Фишера.

Уровни и интервалы варьирования факторов, представленные в табл. 3, определены в соответствии с климатом Беларуси.

Таблица 3. Уровни факторов и интервалы их варьирования

Фактор	Уровень фактора			Интервал варьирования
	Нижний (-1)	Нулевой (0)	Верхний (+1)	
x_1 , °С	25	37,5	50	12,5
x_2 , %	60	75	90	15
x_3 , Вт/м ²	1 000	1 200	1 400	200
x_4 , ч	4	8	12	4

Нижний уровень фактора x_1 имеет значение 25 °С, так как у испытательной камеры формирования светопогодных условий данное значение минимальное. Нижнее и верхнее значения влажности окружающей среды и интенсивности солнечного излучения взяты соответственно меньше и больше минимального и максимального значений данных факторов, характерных для территории Республики Беларусь, для более точного определения параметра y — изменения устойчивости к истиранию тканей.

Моделирование факторов светопогоды осуществлялось в испытательной камере с ксеноновыми лампами [8; 9]. Испытательная камера с ксеноновыми лампами имеет функции симуляции шести факторов окружающей среды — солнечного света, дождя, температуры, влажности, конденсата и выпадения росы, с независимой регулировкой. Ксеноновая лампа, используемая в качестве источника света, дает свет со спектральным распределением, аналогичным солнечному, и на данный момент является наилучшим коммерчески доступным источником для имитации солнечного света. В то же время камера позволяет регулировать температуру и влажность в широких пределах. Таким образом, данная камера позволяет выполнять испытания на устойчивость с комбинированием климатических факторов.

Исследование изменения устойчивости к истиранию тканей проводилось на приборе ДИТ-2М [10]. Двухголовочный прибор ДИТ-2М предназначен

для испытания на стойкость к истиранию тканей бытового назначения — хлопчатобумажных, льняных, шелковых, из химических волокон и нитей, смешанных и однородных, а также льняных и полульняных тканей для спец-одежды.

Для определения устойчивости тканей к истиранию на данном приборе вырезаются кружки ткани диаметром 25 мм.

В качестве абразивов материала используется шинельное сукно, из которого выкраивается квадрат размером 10×10 см, каждая сторона абразивного материала может быть использована не более чем на две заправки прибора.

Падение устойчивости к истиранию тканей в процентах (параметр y) находилось по следующей формуле:

$$I = (I_k - I_c)100 / I_k, \quad (6)$$

где I — падение устойчивости к истиранию, %; I_k — количество оборотов контрольных (исходных) образцов, об.; I_c — количество оборотов после воздействия светопогоды, об.

Результаты исследования изменения устойчивости к истиранию тканей представлены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты эксперимента

Вид образца	Падение устойчивости к истиранию, %		
	Лен + хлопок переплетения рогожка	Хлопок (100 %) полотняного переплетения	Хлопок (55 %) + ПЭ (45 %) полотняного переплетения
1	3,182	4,36	2,174
2	9,091	8,72	5,13
3	4,545	6,751	2
4	16,104	27,848	35,217
5	6,753	19,409	7,304
6	12,143	38,959	37,913
7	6,818	10,408	3,826
8	33,961	20,113	22,609
9	8,506	33,193	12,87
10	39,026	37,553	25,391
11	31,558	22,222	35,913
12	35,195	24,754	31,739
13	33,896	24,051	23,217
14	44,545	41,913	38,087
15	38,961	39,803	40,87
16	51,299	46,695	45,043
17	38,377	21,941	28,957
18	49,87	28,692	34,087
19	45,649	42,475	28,261
20	37,857	18,284	3,391
21	48,052	28,551	36,783
22	11,623	19,972	6,783
23	25,779	33,615	21,652
24	21,364	23,769	8,174

Проведение экспериментов осуществлялось в соответствии с матрицей планирования (см. табл. 2). Уравнения регрессии построены с помощью программ Microsoft Excel 2010 [5]. После проверки значимости по критерию Стьюдента и отсева незначимых коэффициентов уравнения для исследуемых вариантов ткани имеют следующий вид:

для ткани, изготовленной из льна (50 %) и хлопка (50 %),

$$y = 38,6 + 7,82x_1 + 6,51x_2 + 4,49x_3 + 6,59x_4; \quad (7)$$

для ткани, изготовленной из хлопка (100 %),

$$y = 27,74 + 4,30x_1 + 9,17x_2 + 4,65x_3 + 5,17x_4; \quad (8)$$

для ткани, изготовленной из хлопка (55 %) и полиэстера (45 %),

$$y = 26,78 + 7,68x_1 + 6,78x_2 + 5,68x_3 + 6,56x_4. \quad (9)$$

Влияние каждого фактора воздействия показывает значение коэффициента, стоящего перед параметром x : чем больше значение коэффициента регрессии, тем большее влияние оказывает фактор x на выходной параметр y . Из уравнения (7) видно, что наибольшее воздействие на ткань, состоящую из льна (50 %) и хлопка (50 %), оказывает температура окружающей среды (x_1). Знак + говорит о том, что действие температуры приводит к падению устойчивости и истиранию. Наименьшее влияние оказывает интенсивность солнечного излучения (x_3).

На ткань, изготовленную из хлопка (100 %), наибольшее влияние оказывает влажность окружающей среды (x_2), а температура окружающей среды (x_1) – наименьшее (уравнение (8)).

Для смесовой ткани, состоящей из хлопка (55 %) и полиэстера (45 %) (уравнение (9)), наибольшее влияние оказывает температура окружающей среды (x_1), а наименьшее – интенсивность солнечного излучения (x_3).

Температура окружающей среды наибольшее влияние оказывает на ткань, изготовленную из льна (50 %) и хлопка (50 %); влажность воздуха оказывает наибольшее воздействие на ткань, состоящую из 100 % хлопка; интенсивность солнечного излучения воздействует наибольшим образом на ткань из хлопка (55 %) и полиэстера (45 %).

Таким образом, анализ уравнений показывает, что воздействие факторов погоды на ткани различного волокнистого состава не идентично. Но при этом все факторы повышают выходной параметр y (падение устойчивости к истиранию, в процентах), т. е. качество всех тканей понижается.

Полученные уравнения позволяют построить двумерные сечения поверхности отклика, которые дают возможность получить при варьировании факторов наглядное представление о закономерностях изменения параметра выхода и тем самым прогнозировать его изменения при различных вариантах воздействия факторов.

На рис. 1–3 показаны двумерные сечения поверхностей отклика для трех образцов тканей при различных вариантах изменяющихся и неизменных факторов.

Полученные линии равного выхода позволяют выявить ожидаемое падение стойкости к истиранию ткани путем подбора соответствующих величин входных параметров.

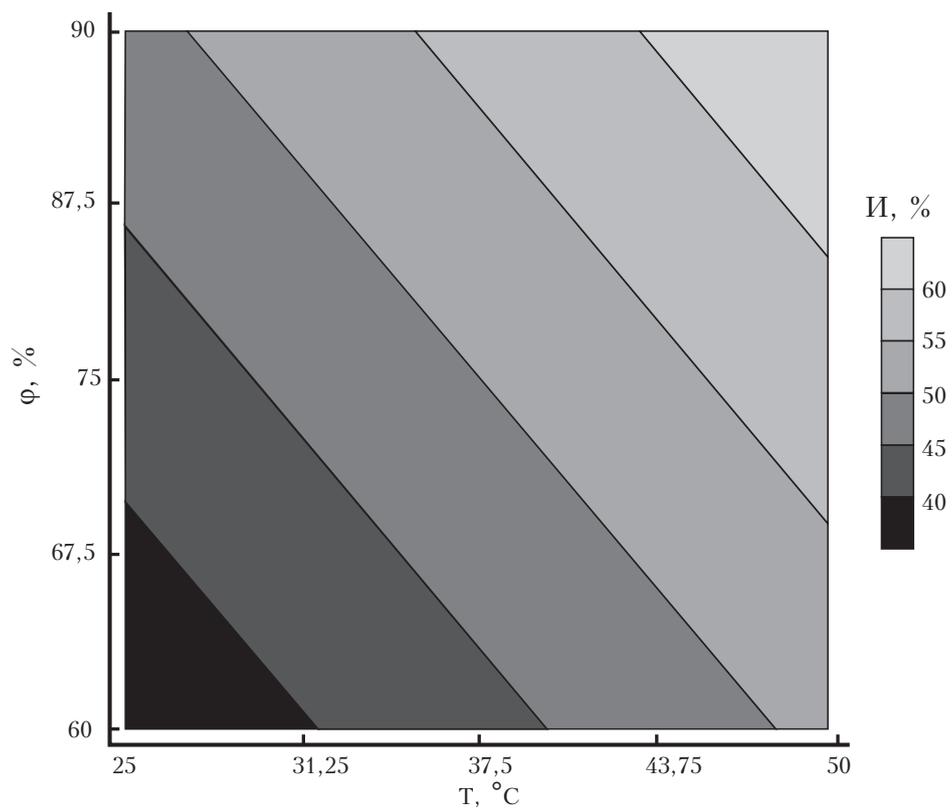


Рис. 1. Двумерное сечение поверхности отклика при $x_3 = 1$, $x_4 = 1$ для смешовой ткани, изготовленной из льна (50 %) и хлопка (50 %)

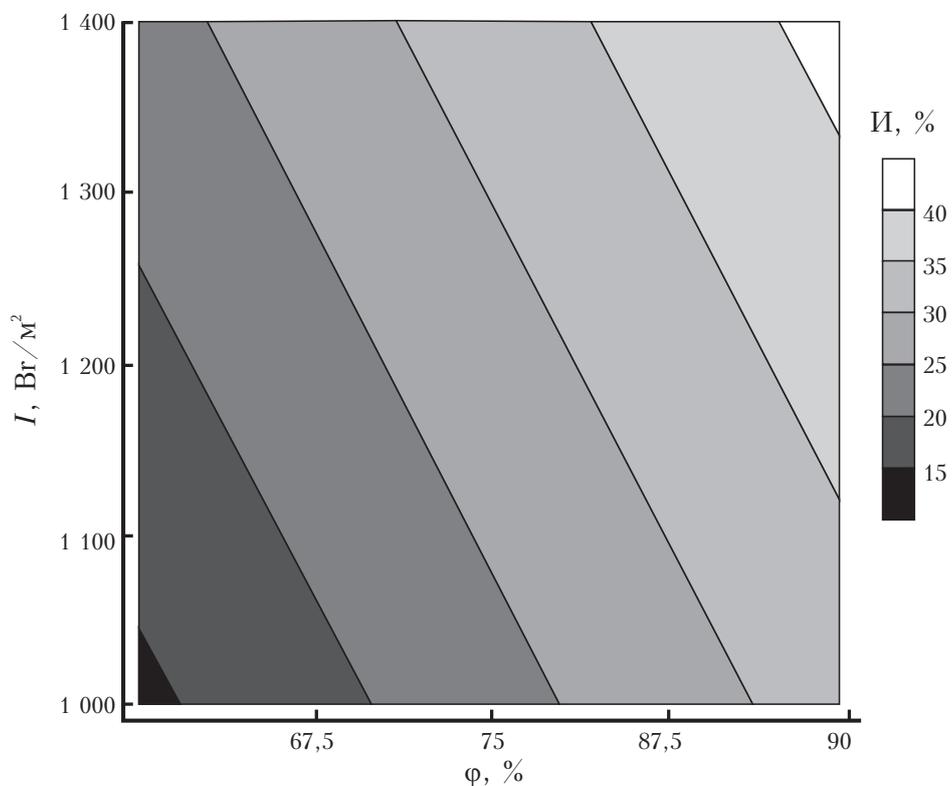


Рис. 2. Двумерное сечение поверхности отклика при $x_1 = 0$, $x_4 = 0$ для ткани, содержащей 100 % хлопка

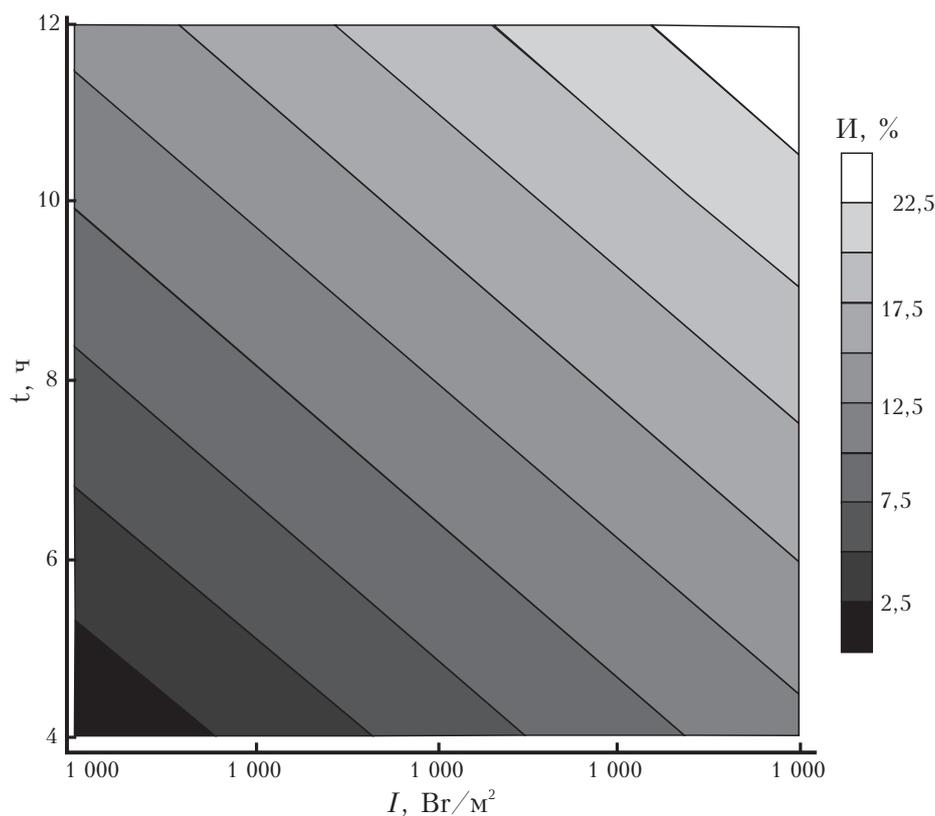


Рис. 3. Двумерное сечение поверхности отклика при $x_1 = 50$ °С для смешовой ткани, содержащей 55 % хлопка и 45 % полиэстера

На рис. 1 показан график изменения устойчивости к истиранию смешовой ткани, изготовленной из льна (50 %) и хлопка (50 %), при неизменной интенсивности солнечного излучения $1\,400\text{ Вт/м}^2$ и времени выдержки образца в камере 12 часов. По данному графику можно прогнозировать величину изменения устойчивости к истиранию при различных вариантах температуры и влажности окружающей среды. Так, например, при температуре $37,5$ °С и влажности воздуха 75 % устойчивость к истиранию упадет на 50 %.

Из рис. 2 видно, что при неизменных параметрах температуры воздуха $37,5$ °С и времени воздействия факторов 8 часов устойчивость к истиранию ткани, содержащей 100 % хлопка, снизится на 30 % при интенсивности солнечного излучения $1\,100\text{ Вт/м}^2$ и влажности 87,5 %, а рис. 3 показывает, что при неизменных температуре 25 °С и влажности воздуха 75 % устойчивость к истиранию смешовой ткани, содержащей 55 % хлопка и 45 % полиэстера, снизится на 12,5 % при времени выдержки образцов в камере 6 часов и интенсивности солнечного излучения $1\,300\text{ Вт/м}^2$.

Таким образом, из анализа результатов исследования вытекает, что в климатических условиях Республики Беларусь в летний период одежда, изготовленная из смешовой ткани, содержащая 50 % хлопка и 50 % полиэстера, дольше сохранит свои эксплуатационные свойства, так как данная ткань наиболее устойчива к высоким показателям влажности и интенсивности солнечного излучения.

Полученные математические уравнения зависимости изменения устойчивости к истиранию тканей от различных факторов погоды и построенные по ним двумерные сечения поверхности отклика можно использовать для

прогнозирования падения устойчивости к истиранию исследованных тканей после воздействия различных светопогодных условий при варьировании времени воздействия данных факторов.

Литература

1. *Пугачевский, Г. Ф.* изнашивание целлюлозных тканей при воздействии различных факторов / Г. Ф. Пугачевский. — М. : Легкая индустрия, 1977. — 136 с.
Pugachevskiy, G. F. Iznashivanie tsellyuloznyih tkaney pri vozdeystvii razlichnyih faktorov [Wear of cellulose fabrics under the influence of various factors] / G. F. Pugachevskiy. — М. : Legkaya industriya, 1977. — 136 p.
2. *Бочкарева, Е. В.* Разработка методов прогнозирования физико-механических свойств тканей ведомственного назначения после действия светопогоды : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.01 / Е. В. Бочкарева. — М., 2007. — 157 л.
Bochkareva, E. V. Razrabotka metodov prognozirovaniya fiziko-mehaniicheskikh svoystv tkaney vedomstvennogo naznacheniya posle deystviya svetopogody [Development of methods for predicting the physical and mechanical properties of the fabrics for departmental purposes after the influence of light and weather conditions] : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.19.01 / E. V. Bochkareva. — М., 2007. — 157 l.
3. *Курденкова, А. В.* Разработка методов прогнозирования физико-механических свойств хлопчатобумажных тканей после различных факторов износа : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.01 / А. В. Курденкова. — М., 2006. — 254 л.
Kurdenkova, A. V. Razrabotka metodov prognozirovaniya fiziko-mehaniicheskikh svoystv hlopchatobumazhnyih tkaney posle razlichnyih faktorov iznosa [Development of methods for predicting the physical and mechanical properties of the cotton fabrics after the influence of the various wear factors] : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.19.01 / A. V. Kurdenkova. — М., 2006. — 254 l.
4. *Томилова, О. В.* Исследование и анализ строения льняных тканей в процессах их изготовления и эксплуатации : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.19.02 / О. В. Томилова ; Моск. гос. текстил. ун-т им. А. Н. Косыгина. — М., 2005. — 16 с.
Tomilova, O. V. Issledovanie i analiz stroeniya lnyanyih tkaney v protsessah ih izgotovleniya i ekspluatatsii [Research and analysis of the structure of linen fabrics in the process of their manufacture and exploitation] : avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk : 05.19.02 / O. V. Tomilova ; Mosk. gos. tekstil. un-t im. A. N. Kosyigina. — М., 2005. — 16 p.
5. *Галык, И. С.* Исследование влияния особенностей строения и вида отделки плащевых полиэфирно-целлюлозных тканей на их износостойкость : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.08 / И. С. Галык. — Киев, 1974. — 195 л.
Galyik, I. S. Issledovanie vliyaniya osobennostey stroeniya i vida otdelki plashevyyih poliefirno-tsellyuloznyih tkaney na ih iznosostoykost [Research of influence of the structural features and the type of finish raincoat polyester-cellulose fabrics on their wear resistance] : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.19.08 / I. S. Galyik. — Kiev, 1974. — 195 l.
6. *Садовский, В. В.* Стабилизация массы трикотажа, вырабатываемого на многосистемных однофонтурных машинах : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.01 / В. В. Садовский. — СПб., 1978. — 224 л.
Sadovskiy, V. V. Stabilizatsiya massyi trikotazha, vyirabatyivaemogo na mnogosistemnyih odnofonturnyih mashinah [Stabilization of the mass of knitwear produced on the multi-system single-track machines] : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.19.01 / V. V. Sadovskiy. — SPb., 1978. — 224 l.
7. *Елисева, И. И.* Эконометрика / И. И. Елисева. — М. : Финансы и статистика, 2007. — 576 с.
Eliseeva, I. I. Ekonometrika [Econometrics] / I. I. Eliseeva. — М. : Finansyi i statistika, 2007. — 576 p.
8. Испытательная камера с ксеноновой лампой (для имитации погодных условий). Руководство пользователя. — Гуангдонг, 2014. — 17 с.
9. Контроллеры серии ТЕМ1880. Программируемый контроллер температуры и влажности для камер с ксеноновой лампой. Руководство по эксплуатации. — Гуангдонг, 2014. — 9 с.
10. Прибор для испытания тканей на стойкость к истиранию ДИТ-2М МТ 194. Руководство по эксплуатации. Паспорт. — Моск. обл., пос. Андреевка, 2012. — 15 с.

**VIKTOR SADOVSKI,
TATSIANA HAPONAVA**

**CHANGES IN FABRIC RESISTANCE
TO ABRASION UNDER THE INFLUENCE
OF LIGHT AND WEATHER CONDITIONS**

Author affiliation. *Viktor SADOVSKI (sadowski_v@bseu.by), Belarusian State Economic University (Minsk, Belarus); Tatsiana HAPONAVA (tanushkin93@gmail.com), Belarusian State Economic University (Minsk, Belarus).*

Abstract. The authors of the article studied the change in the resistance to abrasion of fabrics of various fibrous composition and weave under the influence of light and weather conditions. Mathematical models are constructed predicting a drop in the resistance to abrasion after the action of climatic conditions.

Keywords: cotton fabrics; flax fabrics; influence of light and weather conditions; resistance to abrasion.

UDC 677.017.84

*Статья поступила
в редакцию 28.12. 2017 г.*

**ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР БГЭУ
представляет**

Эконометрика и экономико-математические методы и модели : учеб. пособие / Г. О. Читая [и др.] ; под ред. Г. О. Читая, С. Ф. Миксюк. — Минск : БГЭУ, 2018. — 511 с.

Излагаются условия и методы построения эконометрических и прикладных экономико-математических моделей для решения широкого класса задач экономического анализа и прогнозирования. Описываются методологические и методические подходы к построению моделей, их математическое обеспечение, компьютерная реализация средствами MS Excel, Matlab, EViews; приводится подробная экономическая интерпретация параметров модели и модельного решения; затрагиваются вопросы информационного обеспечения моделей и возможностей встраивания моделей в корпоративные информационные системы. Изложение материала сопровождается решением большого количества прикладных задач, приведены вопросы для контроля знаний.

Для студентов, аспирантов и преподавателей экономических специальностей, а также работников в области финансовой и экономической деятельности.