

УСТАНОВЛЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН ИЗ ПОЛИЭФИРНЫХ ВОЛОКОН ПО ВЕЛИЧИНАМ ДЕФОРМАЦИИ

М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев

Марина Александровна Лысова (ORCID 0000-0002-4551-4035)*

Кафедра высшей и прикладной математики, Ивановский государственный химико-технологический университет, Шереметевский просп., 7, Иваново, Российская Федерация, 153000
E-mail: Lysova7@yandex.ru*

Наталья Александровна Грузинцева (ORCID 0000-0002-4312-6901), Борис Николаевич Гусев (ORCID 0000-0003-3333-5897)

Кафедра материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии, Ивановский государственный политехнический университет, Шереметевский просп., 21, Иваново, Российская Федерация, 153000
E-mail: gruzincevan@mail.ru, gusevbnboris@yandex.ru

В работе обсуждается проблема совершенствования нормативного обеспечения при оценке качества нетканых полотен, изготовленных из химических (полиэфирных) волокон. При этом показатели удлинения полотен при деформации их на растяжение рассматриваются как определяющие показатели качества. В качестве объекта исследования выбрана продукция торговой марки «Дорнит», которая является экологически безопасным нетканым материалом, произведенного из полиэфирных волокон, обеспечивающих его высокие физико-механические свойства и универсальность применения в различных областях промышленности. Данный материал обладает высокой стойкостью к различным химическим соединениям (щелочам, кислотам), морозоустойчив, не подвержен гниению, а также воздействию грибков и плесени. Основными достоинствами данного материала являются упругость и прочность, позволяющие ему противостоять значительным деформационным нагрузкам. Исходными нормативными значениями показателей качества являются первичные данные при выработке предыдущего ассортимента нетканых полотен, где в дальнейшем с использованием методов аппроксимации определяются нормативные значения определяющих показателей качества при выработке нового ассортимента потребительской продукции без необходимости проведения дополнительных измерительных процедур на испытательном оборудовании. При использовании метода аппроксимации первоначально определяется вид искомого уравнения, затем по методу наименьших квадратов находятся оценки параметров данной модели, оценивается ее статистическая значимость, и по полученному уравнению определяются нормативные значения. В итоге предложена и исследована новая методика для прогнозирования нормативных значений показателей качества, позволяющая комплексно решать проблемы обеспечения требуемого уровня конкурентоспособности производимых с применением полиэфирных волокон нетканых материалов.

Ключевые слова: нетканые полотна, полиэфирные волокна, показатели качества, нормативные значения

ESTABLISHMENT OF NORMATIVE VALUES OF DEFORMATION INDICATORS OF NONWOVENS MADE OF POLYESTER FIBERS

M.A. Lysova, N.A. Gruzintseva, B.N. Gusev

Marina A. Lysova (ORCID 0000-0002-4551-4035)*

Department of Higher and Applied Mathematics, Ivanovo State University of Chemical Technology, Sheremetevskiy ave., 7, Ivanovo, 153000, Russia
E-mail: Lysova7@yandex.ru*

Natalia A. Gruzintseva (ORCID 0000-0002-4312-6901), Boris N. Gusev (ORCID 0000-0003-3333-5897)

Department of Materials Science, Commodity Science, Standardization and Metrology, Ivanovo State Polytechnic University, Sheremetevskiy ave., 21, Ivanovo, 153000, Russia

E-mail: gruzincevan@mail.ru, gusevbnboris@yandex.ru

The paper considers the problem of improving the regulatory support in assessing the quality of nonwoven fabrics made of chemical (polyester) fibers in the direction of establishing the regulatory values of the elongation of fabrics at their tensile strain as defining indicators of quality. The object of the research is production of the trade mark "Dornit" which is an ecologically safe nonwoven material made of polyester fibers providing its high physical and mechanical properties and universality of application in different spheres of industrial industry. This material is highly resistant to various chemical compounds (alkalis, acids), frostproof, not exposed to rot, as well as fungus and mildew. The main properties of this material are elasticity and strength, allowing it to withstand considerable strain loads. Initial normative values of quality indicators are primary data of production of the previous assortment of nonwoven fabrics where normative values of defining quality indicators are further determined by approximation methods during production of the new assortment of consumer goods without necessity of carrying out additional measuring procedures with testing equipment. When using the method of approximation we firstly determine the type of equation we are looking for, then using the method of least squares we find estimates of parameters of the given model, estimate its statistical significance and use the obtained equation to determine the normative values. As a result, a new technique for predicting the normative values of quality indicators, which allows to solve the problem of providing the required level of competitiveness of nonwoven materials produced with the use of polyester fibers, has been proposed and investigated.

Key words: nonwovens, polyester fibers, quality indicators, normative values

Для цитирования:

Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н. Установление нормативных значений показателей качества нетканых полотен из полиэфирных волокон по величинам деформации. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2022. Т. 65. Вып. 11. С. 98–103. DOI: 10.6060/ivkkt.20226511.6654.

For citation:

Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Gusev B.N. Establishment of normative values of deformation indicators of nonwovens made of polyester fibers. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 11. P. 98–103. DOI: 10.6060/ivkkt.20226511.6654.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях объективная необходимость повышения уровня качества в области производства химических волокон на основе органического синтеза и изделий из них обусловлена тем, что, во-первых, качество становится одним из решающих факторов повышения эффективности производства. Во-вторых, качество является одним из важнейших факторов конкурентоспособности произведенной потребительской продукции в условиях постоянной борьбы за рынки ее сбыта [1-7].

Геотекстильные материалы (ГТМ) входят в группу геосинтетических материалов (ГСМ) [8], главными преимуществами которых являются, например, при использовании в различных областях строительства: инновационность технологических процессов, сокращение сроков строительства, повышение качества и долговечности возводимых объектов, возможность строительства в

сложных геологических условиях, в которых применение традиционных методов работы либо экономически нецелесообразно, либо физически невозможно. Поэтому область применения ГСМ с каждым годом постоянно расширяется.

В силу сложившейся сегодня внешней политической ситуации в России наблюдаются тенденции снижения производства геосинтетических материалов за счет уменьшения импортных поставок. При дальнейшем сохранении внешних санкций позитивный сценарий дальнейшего развития рынка ГСМ будет нести значительные риски. Для их снижения необходимо в полной мере использовать научный потенциал, в том числе и химической отрасли, для повышения общей эффективности производства геосинтетики.

В качестве позитивных шагов следует отметить то, что за последние годы в практике производства и применения ГТМ произошли существен-

ные изменения, а именно, появились новые предприятия, оснащенные высокопроизводительным оборудованием, способным выпускать нетканые и тканые геоматериалы шириной от 3,3 до 6,0 м. При этом значительно расширились ассортимент производимой продукции и области их применения. Улучшилось качество ГТМ, которые стали конкурентоспособными не только на российском рынке, но и в странах Таможенного союза, где зачастую не уступают западноевропейским аналогам.

Для поддержания и дальнейшего повышения конкурентоспособности производимой продукции предприятия по производству геосинтетической продукции должны постоянно расширять или обновлять ее ассортимент и, следовательно, корректировать установленные ранее нормативные значения показателей качества. Научные и методические основы установления конкурентоспособных нормативных значений показателей качества производимой текстильно-химической продукции постоянно совершенствуются [9-10] и зависят от вида химических волокон в конечном материале, способа его производства, весомости отдельного показателя качества в комплексной оценке [11-14] и других факторов.

Одним из дополнительных путей по установлению конкурентных нормативных значений показателей качества может быть их прогнозирование путем аппроксимации уже имеющихся на предприятии данных, для чего необходимо разработать соответствующую методику.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для предметного исследования выбрана продукция торговой марки «Дорнит» [15], которая является экологически безопасным нетканым материалом, произведенным из полиэфирных волокон, обеспечивающих его высокие физико-механические свойства и универсальность применения в различных областях строительства. Данный материал обладает высокой стойкостью к различным химическим соединениям (щелочам, кислотам), морозоустойчив, не подвержен гниению, а также воздействию грибков и плесени. Основными свойствами данного материала являются упругость и прочность, позволяющие ему противостоять значительным деформационным нагрузкам.

В работе использована база данных по имеющимся нормативным значениям определяющих показателей качества нетканого геотекстильного материала, выработанного иглопробивным способом с применением полиэфирных волокон и производимого предприятием ООО «ЭМИЛИ Групп»

(г. Москва). База содержит данные показателей удлинения при испытании полотна на растяжение как в продольном, так и поперечном направлениях [15]. Необходимо отметить, что иглопробивной способ производства материала обладает определенным недостатком, т.к. нетканый материал имеет более низкие значения показателей прочности в сравнении с материалом, изготовленным термическим способом скрепления волокон в полотне, но зато по показателям водопроницаемости у данного материала имеются преимущества ввиду того, что влага проходит как в продольном, так и в поперечном направлениях полотна. По этой причине материал используется для укладки в тяжелых грунтах (суглинках, глинах), которые плохо отводят влагу.

При аналитическом исследовании решаемой проблемы воспользовались методом аппроксимации исходных данных [14-18].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для класса геотекстильных полотен, вырабатываемых на предприятии из химических (полиэфирных) волокон, в технических условиях установлены соответствующие нормативные значения по показателям качества, которые для характеристик удлинения при деформации на растяжение приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения показателей деформации нетканого полотна из полиэфирных волокон
Table 1. Values of deformation indicators of non-woven fabric made of polyester fibers

Показатель качества	Поверхностная плотность, кг/м ²					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Относительное удлинение при растяжении в продольном направлении, %	60	155	140	120	110	105
Относительное удлинение при растяжении в поперечном направлении, %	75	150	135	115	100	95

Примечание: для данного показателя качества приведены минимально допустимые нормативные значения

Note: for this quality indicator, the minimum allowable standard values are given

С целью установления промежуточных значений показателей качества использовали метод аппроксимации [16, 17] зависимостей между поверхностной плотностью (x) и относительным удлинением (y) при растяжении полотна в продольном направлении.

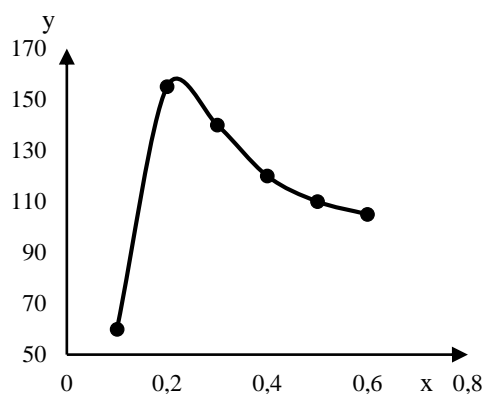


Рис. Поле корреляции
Fig. Correlation field

Для определения вида зависимости между исследуемыми признаками строили поле корреляции (рисунок).

Анализ кривой, приведенной на рисунке, показывает, что корреляционную зависимость между поверхностной плотностью и относительным удлинением при растяжении полотна в продольном направлении можно представить кубической функцией вида

$$\hat{y} = ax^3 + bx^2 + cx + d. \quad (1)$$

Далее находили параметры уравнения регрессии (1) с использованием метода наименьших квадратов [17, 18]. Все необходимые вычисления представлены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры уравнения регрессии
Table 2. Regression equation parameters

i	x	y	xy	x ²	x ² y	x ³	x ⁴	x ⁵	x ⁶	x ³ y
1	0,1	60	6	0,01	0,6	0,001	0,0001	0,0000	0,0000	0,06
2	0,2	155	31	0,04	6,2	0,008	0,0016	0,0003	0,0001	1,24
3	0,3	140	42	0,09	12,6	0,027	0,0081	0,0024	0,0007	3,78
4	0,4	120	48	0,16	19,2	0,064	0,0256	0,0102	0,0041	7,68
5	0,5	110	55	0,25	27,5	0,125	0,0625	0,0313	0,0156	13,75
6	0,6	105	63	0,36	37,8	0,216	0,1296	0,0778	0,0467	22,68
Σ	2,1	690	245	0,91	103,9	0,441	0,2275	0,1220	0,0672	49,19

На следующем этапе решали систему уравнений вида:

$$\begin{cases} a \cdot \sum x_i^6 + b \cdot \sum x_i^5 + c \cdot \sum x_i^4 + d \cdot \sum x_i^3 = \sum x_i^3 \cdot y_i, \\ a \cdot \sum x_i^5 + b \cdot \sum x_i^4 + c \cdot \sum x_i^3 + d \cdot \sum x_i^2 = \sum x_i^2 \cdot y_i, \\ a \cdot \sum x_i^4 + b \cdot \sum x_i^3 + c \cdot \sum x_i^2 + d \cdot \sum x_i = \sum x_i \cdot y_i, \\ a \cdot \sum x_i^3 + b \cdot \sum x_i^2 + c \cdot \sum x_i + d \cdot n = \sum y_i, \end{cases} \quad (2)$$

В итоге получено уравнение регрессии с числовыми коэффициентами:

$$\hat{y} = 5740,74x^3 - 6884,92x^2 + 2439,82x - 116,67. \quad (3)$$

Для оценки адекватности уравнения (3) вычислен коэффициент детерминации R². Промежуточные результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Промежуточные результаты
Table 3. Intermediate results

i	x	y	\hat{y}	$(y - \hat{y})^2$	$(y - \bar{y})^2$
1	0,1	60	64,2063	17,6934	3025
2	0,2	155	141,8254	173,5702	1600
3	0,3	140	150,6349	113,1015	625
4	0,4	120	125,0794	25,7999	25
5	0,5	110	99,6032	108,0940	25
6	0,6	105	108,6508	13,3283	100
Σ	2,1	690	-	451,59	5400

Отмечаем, что \hat{y} вычисляли по формуле (3), а $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{690}{6} = 115$ учитывали, как среднее значение результативного признака.

В результате имеем

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} = 1 - \frac{451,59}{5400} = 0,9164, \text{ а далее по кри-}$$

терию Фишера проверяли значимость коэффициента детерминации и уравнения регрессии в целом. Наблюдаемое значение критерия оценено в виде:

$$F_{\text{набл}} = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m} = \frac{0,9164}{1 - 0,9164} \cdot \frac{6 - 2 - 1}{2} = 16,44.$$

По таблице распределения Фишера-Снедекора [16] найдено критическое значение критерия: $F_{\text{кр}}(\alpha = 0,05; k_1 = m; k_2 = n - m - 1) = 4,45$. Так как $F_{\text{набл}} > F_{\text{кр}}$, то признается статистическая значимость коэффициента детерминации с вероятностью 0,95. Следовательно, полученная регрессионная модель пригодна для прогноза текущих значений показателей качества. Например, при заданной поверхностной плотности $x' = 0,25$ кг/м² относительное удлинение при деформации растяжения в продольном направлении нетканого полотна из полиэфирных волокон равно 64,21кН/м². Аналогичным обра-

зом установлена взаимосвязь между поверхностной плотностью и относительным удлинением при растяжении полотна в поперечном направлении. В итоге получили уравнение регрессии в виде:

$$\hat{y} = 5138,89x^3 - 6154,76x^2 + 2147,42x - 85, \quad (4)$$

используя которое вычисляли прогнозируемые нормативные значения относительного удлинения при растяжении полотна в поперечном направлении.

В табл. 4 представлены расчетные (прогнозируемые (П)) и фактические (Ф) нормативные значения показателей деформации, которые указаны в соответствующих технических условиях на рассматриваемое нетканое полотно из полиэфирных волокон. Их анализ показывает, что отдельные фактические нормативные значения могут быть скорректированы в соответствии с расчетными значениями. При этом могут быть учтены особенности строения и свойства как самих нетканых материалов, так и химических волокон [19-20].

ВЫВОДЫ

Для повышения конкурентоспособности производимой геосинтетической продукции предприятия по производству химических волокон и текстильных изделий из них должны постоянно расширять или обновлять их ассортимент и при этом поддерживать соответствующий уровень качества продукции. Основные мероприятия по обеспечению качества производимой продукции прописаны в документах системы менеджмента качества профильного предприятия, которые должны постоянно пополняться новыми методиками, разрабатываемыми на основе соответствующих научных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Тавер Е.И.** Качество как объект управления. *Методы менеджмента качества*. 2012. № 12. С. 12-19.
2. **Кирюхин С.М., Плеханова С.В.** Особенности оценки качества текстильных материалов. *Дизайн и технологии*. 2017. № 60(102). С. 61-69.
3. **Федосов С.В., Пospelov П.И., Гойс Т.О., Грузинцева Н.А., Матрохин А.Ю., Гусев Б.Н.** Проблемы оценки качества и стандартизации геосинтетических материалов в дорожном строительстве. *Academia. Архитектура и строительство*. 2016. № 1. С. 101-106.
4. **Шульга Е.В., Юрьев А.И., Базанов М.И.** Методика оценки качества поверхности медных катодов. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2019. Т. 62. Вып. 2. С. 53-58. DOI: 10.6060/ivkkt.20196202.5837.
5. **Мельников Б.Н.** Современные проблемы текстильной химии. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2008. Т. 51. Вып. 6. С. 3-14.

Таблица 4

Прогнозируемые и фактические нормативные значения показателей деформации нетканого полотна из полиэфирных волокон

Table 4. Predicted and actual normative values of deformation indicators of non-woven fabric made of polyester fibers

Показатель качества	Поверхностная плотность, кг/м ²									
	0,15		0,25		0,35		0,45		0,55	
	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф
Относительное удлинение при растяжении в продольном направлении, % (не менее)	64	130	142	140	151	140	125	125	100	115
Относительное удлинение при растяжении в поперечном направлении, % (не менее)	72	130	142	135	143	135	114	115	94	110

В направлении решаемой проблемы установления нормативных значений показателей качества нетканых геотекстильных материалов из полиэфирных волокон для выпуска нового ассортимента предложена и исследована методика с применением методов аппроксимации для прогнозирования их значений на основе анализа прежней ассортиментной линейки.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

REFERENCES

1. **Tawer E.I.** Quality as a management object. *Metody Menedzhmenta Kachestva*. 2012. N 12. P. 12-19 (in Russian).
2. **Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V.** Features of quality assessment of textile materials. *Dezain Tekhnol.* 2017. N 60(102). P. 61-69 (in Russian).
3. **Fedosov S.V., Pospelov P.I., Gois T.O., Gruzintseva N.A., Matrokhin A.Yu., Gusev B.N.** Problems of quality assessment and standardization of geosynthetic materials in road construction. *Academia. Arkhitektura Stroitelstvo*. 2016. N 1. P. 101-106 (in Russian).
4. **Shulga E.V., Yuriev A.I., Bazanov M.I.** Methodology for assessing the surface quality of copper cathodes. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2019. V. 62. N 2. P. 53-58 (in Russian).
5. **Melnikov B.N.** Modern problems of textile chemistry. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2008. V. 51. N 6. P. 3-14 (in Russian).

6. **Гусев Б.Н., Матрохин А.Ю.** Материаловедение: традиции, достижения, перспективы. *Изв. вузов. Технология текстил. пром-ти.* 2018. № 4. С. 31-36.
7. **Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н.** Производственный мониторинг качества полимерно-волоконистых материалов. *Текстильная химия: традиции и новации (Мельниковские чтения): Сб. научных статей.* Иваново: ИГХТУ. 2019. С. 163-167.
8. ОДМ 218.5.005-2010. Отраслевой дорожный методический документ. Классификация, термины, определения геосинтетических материалов применительно к дорожному хозяйству.
9. **Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н.** Установление номенклатуры показателей качества геосинтетических нетканых полотен с учётом их эксплуатационной принадлежности. *Рос. хим. ж.* 2019. № 3-4. С. 50 - 54.
10. **Лысова М.А., Грузинцева М.А., Кусенкова А.А., Гусев Б.Н.** Установление нормативного значения для показателей прочности геосинтетических полотен на основе оценки параметров распределения. *Изв. вузов. Технология текстил. пром-ти.* 2019. № 2. С. 54-57.
11. **Смирнов М.М., Корабельников А.Р.** Получение композиционных волоконистых материалов методом электроформования из растворов полиметилметакрилата с добавлением углеродных нанотрубок. *Технологии и качество.* 2021. № 2(52). С. 56-61. DOI: 10.34216/2587-6147-2021-2-52-56-61.
12. **Севостьянов П.А.** Исследование неровноты одномерных волоконистых продуктов по доле компонентов и ее зависимости от неровноты по линейной плотности. *Технологии и качество.* 2020. № 1(47). С. 15-21. DOI: 10.34216/2587-6147-2020-1-47-15-21.
13. **Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Малявко Е.Н.** Комплексная оценка механических свойств мебельных тканей. *Изв. вузов. Технология текстил. пром-ти.* 2011. № 6 (335). С. 12 -15.
14. **Омирова М.З., Чагина Л.Л., Груздева А.П.** Комплексная оценка качества тентовых материалов. *Технологии и качество.* 2020. № 2(48). С. 3-7. DOI: 10.34216/2587-6147-2020-2-48-3-7.
15. <https://emiligroup.ru/product-category/geotekstil-2/geotekstil/> [Электронный ресурс] (дата обращения: 10.04.2022).
16. **Елисеева И.И.** Эконометрика. М.: Изд-во Юрайт. 2022. 449 с.
17. **Дэвидсон Р., Мак-Киннон Дж.Г.** Теория и методы эконометрики. М.: Изд. дом «Дело» РАНХиГС. 2018. 936 с.
18. **Дайитбегов Д.М.** Компьютерные технологии анализа данных в эконометрике. М.: ИНФРА-М. 2018. 587 с.
19. **Дмитриева А.Д., Кузьменко В.А., Одинцова Л.С., Одинцова О.И.** Синтез и использование наночастиц серебра для придания текстильным материалам бактерицидных свойств. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2015. Т. 58. Вып. 8. С. 67-70.
20. **Логинава И.И., Логинава И.И., Артамонова Д.А., Столяров О.Н., Мельников Б.Е.** Влияние структуры на вязкоупругие свойства геосинтетических материалов. *Инж.-строит. журн.* 2015. № 4. С. 11-18. DOI: 10.5862/MCE.56.2.
6. **Gusev B.N., Matrokhin A.Yu.** Material science: traditions, achievements, prospects. *Izv. vuzov. Technol. Textile Ind.* 2018. N 4. P. 31-36 (in Russian).
7. **Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Gusev B.N.** Production quality monitoring of polymer-fibrous materials. *Textile chemistry: traditions and innovations (Melnikov readings): Col. of sci. art.* Ivanovo: IGKhTU. 2019. P. 163-167 (in Russian).
8. ODM 218.5.005-2010. Industry road methodological document. Classification, terms, definitions of geosynthetic materials in relation to road management.
9. **Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Gusev B.N.** Establishment of the nomenclature of quality indicators of geosynthetic nonwoven fabrics, taking into account their operational affiliation. *Ross. Khim. Zhurn.* 2019. N 3-4. P. 50 – 54 (in Russian).
10. **Lysova M.A., Gruzintseva M.A., Kusenкова A.A., Gusev B.N.** Establishing a normative value for the strength indicators of geosynthetic webs based on the evaluation of distribution parameters. *Izv. vuzov. Technol. Textile Ind.* 2019. N 2. P. 54-57 (in Russian).
11. **Smirnov M.M., Korabelnikov A.R.** Obtaining composite fibrous materials by electroforming from polymethylmethacrylate solutions with the addition of carbon nanotubes. *Tekhnol. Kachestvo.* 2021. № 2(52). P. 56-61 (in Russian). DOI: 10.34216/2587-6147-2021-2-52-56-61.
12. **Sevostyanov P.A.** Investigation of the unevenness of one-dimensional fibrous products by the proportion of components and its dependence on the unevenness by linear density. *Tekhnol. Kachestvo.* 2020. N 1(47). P. 15-21 (in Russian). DOI: 10.34216/2587-6147-2020-1-47-15-21.
13. **Shustov Yu.S., Kurdenkova A.V., Malyavko E.N.** Comprehensive assessment of mechanical properties of furniture fabrics. *Izv. vuzov. Technol. Textile ind.* 2011. N 6 (335). P. 12 -15 (in Russian).
14. **Omirova M.Z., Chagina L.L., Gruzdeva A.P.** Comprehensive assessment of the quality of tent materials. *Tekhnol. Kachestvo.* 2020. N 2(48). P. 3-7 (in Russian). DOI: 10.34216/2587-6147-2020-2-48-3-7.
15. <https://emiligroup.ru/product-category/geotekstil-2/geotekstil/> [Electronic resource] (accessed: 04/10/2022).
16. **Eliseeva I.I.** Econometrics. M.: Izd. Yurayt. 2022. 449 p. (in Russian).
17. **Davidson R., MacKinnon J.G.** Theory and methods of econometrics. M. Izd. dom "Delo" RANEPА. 2018. 936 p. (in Russian).
18. **Dayitbegov D.M.** Computer technologies of data analysis in econometrics. M.: INFRA-M. 2018. 587 p. (in Russian).
19. **Dmitrieva A.D., Kuzmenko V.A., Odintsova L.S., Odintsov O.I.** Synthesis and use of silver nanoparticles to impart bactericidal properties to textile materials. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2015. V. 58. N 8. P. 67-70 (in Russian).
20. **Loginova I.I., Loginova I.I., Artamonova D.A., Stolyarov O.N., Melnikov B.E.** Influence of structure on viscoelastic properties of geosynthetic materials. *Inzh.-Stroit. Zhurn.* 2015. N 4. P. 11-18 (in Russian). DOI: 10.5862/MCE.56.2.

Поступила в редакцию 27.04.2022

Принята к опубликованию 08.07.2022

Received 27.04.2022

Accepted 08.07.2022