

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО УРОВНЯ КАЧЕСТВА
ТЕХНИЧЕСКОГО ТЕКСТИЛЯ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ
СПЕЦИАЛИСТОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

**ENSURING THE REQUIRED LEVEL OF TECHNICAL TEXTILE QUALITY
TAKING INTO ACCOUNT THE REQUIREMENTS OF SPECIALISTS
OF CONSTRUCTION INDUSTRY**

М.А. ЛЫСОВА¹, Н.А. ГРУЗИНЦЕВА², Е.А. ГРИЦЕНКО², Б.Н. ГУСЕВ²

M.A. LYSOVA¹, N.A. GRUZINTSEVA², E.A. GRITSENKO², B.N. GUSEV²

**(Ивановский государственный химико-технологический университет¹,
Ивановский государственный политехнический университет²)**

**(Ivanovo State of Chemistry and Technology University¹,
Ivanovo State Polytechnical University²)**

E-mail: lysova7@yandex.ru, mtsm@ivgpu.com

Технический текстиль широко используется во всех отраслях промышленности: строительстве и транспорте, автомобильном и электротехническом производстве, медицине, спорте и других отраслях. Он также применяется в качестве армирующего наполнителя для композиционных материалов. К техническому текстилю относятся текстильные материалы с особым комплексом свойств, со специальными эксплуатационными, качественными и функциональными характеристиками. Для получения необходимого комплекса свойств в производстве технического текстиля используются, как правило, высокопрочные химические волокна и нити, стойкие к агрессивным средам и повышенной температуре, а для придания специальных свойств текстильные материалы подвергаются различным видам отделки: огнезащитной, масло-, водо-, грязеотталкивающей, противомикробной, антистатической и другим.

При проектировании требуемого уровня качества текстильного изделия технического назначения, используемого в строительном изделии, определяющей задачей является установление рациональной номенклатуры показателей качества, нахождение их расчетных и установление нормативных значений. С учетом выполнения этих операций усовершенствована методика проектирования качества потребительской продукции применительно для геотекстильных материалов за счет введения новых операций, которые позволили повысить достоверность самого процесса проектирова-

ния путем повышения надежности в развертывании требований потребителей через соответствующие качественные характеристики (свойства) в количественные показатели качества и установления их весомости, а общий уровень качества проектируемой продукции определялся через комплексный показатель.

Technical textiles are widely used in all industries: construction and transport, automotive and electrical industries, medicine, sports and other industries. It is also used as a reinforcing filler for composite materials. Technical textiles include textile materials with a special set of properties that have special performance, quality and functional characteristics. To obtain the required set of properties in the production of technical textiles, as a rule, high-strength chemical fibers and threads that are resistant to aggressive environments and elevated temperatures are used and to impart special properties, textile materials are subjected to various types of finishes: fire-retardant, oil-water-dirt-repellent, resinous (polymer binders), antimicrobial, antistatic and other types of treatment.

When designing the required quality level of a technical textile product used in a construction product, the defining task is to establish a rational nomenclature of quality indicators, find their calculated and establish standard values. Taking into account the implementation of these operations, the methodology for designing the quality of consumer products in relation to geotextile materials has been improved through the introduction of new operations that have made it possible to increase the reliability of the design process itself by increasing the reliability in deploying consumer requirements through the corresponding qualitative characteristics (properties) into quantitative quality indicators and establishing their weight, and the overall quality level of the designed products was determined through a complex indicator.

Ключевые слова: технический текстиль, проектирование, факторное пространство, качество, оценка.

Keywords: technical textiles, design, factor space, quality, evaluation.

Введение

Технический текстиль в настоящее время широко используется практически во всех отраслях: строительстве и транспорте, автомобильной и электротехнической промышленности, медицине, спорте и других отраслях [1], [2]. Он имеет особое значение, являясь армирующим наполнителем для композиционных материалов. К техническому текстилю относятся текстильные материалы с особым комплексом свойств, со специальными эксплуатационными, качественными и функциональными характеристиками. Для получения необходимого комплекса свойств в производстве технического текстиля используются, как правило,

высокопрочные химические волокна и нити, стойкие к агрессивным средам и повышенной температуре. С целью придания специальных свойств текстильные материалы подвергаются различным типам отделки: огнезащитной, масло-, водо-, грязеотталкивающей, противомикробной, антистатической и другим [3], [4], [5].

При проектировании требуемого уровня качества используемого в строительном изделии текстильного изделия технического назначения определяющей задачей является установление рациональной номенклатуры показателей качества, нахождение их расчетных и установление нормативных значений.

Методы и объект исследования

Развитию методов прогнозирования (проектирования) свойств текстильных материалов уделяется постоянное внимание [6]. Тем не менее наиболее распространенным в проектировании качества промышленной продукции является метод [7], известный под названием «Функция развертывания качества» (Quality Function Deployment – QFD). Основной операцией данного процесса проектирования качества продукции является первоначальное выявление общих требований потребителей к свойствам продукции. Однако данный метод имеет существенный недостаток, связанный с тем, что при выявлении общих требований к продукции путем опроса потребителей последние не всегда владеют объективной информацией о реальных свойствах продукции и раскрывают свои суждения в абстрактных понятиях, отличающихся от рекомендуемой терминологии и номенклатуры показателей качества, которая в каждом отдельном случае для соответствующей проектируемой продукции должна быть уточнена.

В качестве технического текстиля выбрано геотекстильное полотно торговой марки «Геоманит» ООО «НИПРОМТЕКС», которое широко используется при строительстве и ремонте автомобильных дорог. К данному виду полотен предъявляются определенные требования по качеству: эксплуатационные, экономические, технологические и экологические [8]. Новые операции по совершенствованию используемой базовой методики проектирования качества состояли в дополнительном введении качественных характеристик (свойств) геотекстильного полотна и построении комплексного показателя качества, что повышает достоверность самого процесса прогнозирования требуемого уровня качества на основе мнений специалистов в области дорожного строительства.

С учетом ранее проведенных работ для бытового текстиля [9], [10] выделим основные этапы (операции) проектирования качества искомого технического текстиля:

- выявление требований специалистов

строительной отрасли и установление приоритетных их потребительских мнений;

- выделение качественных характеристик на основе созданной базы данных свойств для технического текстиля;

- определение весомости свойств технического текстиля;

- выделение по каждому свойству наиболее информативной количественной характеристики с присвоением ей в дальнейшем статуса единичного показателя качества;

- осуществление перерасчета коэффициентов весомости по используемым показателям качества;

- установление нормативных (базовых) значений показателей качества [11];

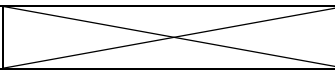
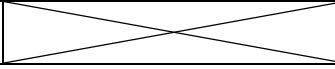
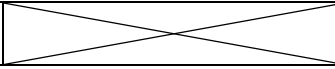
- построение комплексного показателя качества с одновременным установлением соответствия требуемому уровню качества.

С учетом выделенной последовательности операций проектирования выбранного объекта исследования (нетканого геополотна) первоначально был произведен опрос специалистов дорожной отрасли, работающих на кафедре транспорта и автомобильных дорог в ИВГПУ, на предмет выявления их требований к нетканым геотекстильным материалам, которые в максимальной степени способны удовлетворить их пожелания при строительстве автомобильных дорог на участках с повышенной влажностью. Оценка важности предъявляемых требований также была возложена на потребителя с учетом принятой шкалы порядка: очень ценно (5 баллов); ценно (4 балла); менее ценно, но хорошо бы иметь (3 балла); не очень ценно (2 балла); не представляет ценности (1 балл). Данные опроса приведены в табл. 1. Представленные данные обработаны методом факторного анализа. Основными этапами этого метода являются первоначальное выделение факторов, вращение факторной структуры, ее интерпретация и факторное шкалирование. Поэтому первоначально сформировали факторное пространство (табл. 2) с кодированными обозначениями требований потребителей, свойствами и показателями качества нетканого геополотна.

Таблица 1

Требования строителей	Обозначение	Оценка
Является хорошим фильтром	Z1	5
Обладает высокой прочностью	Z2	5
Долго служит	Z3	4
Устойчив к различным воздействиям	Z4	4
Обладает хорошей упругостью	Z5	3
Устойчив к различным температурным воздействиям	Z6	3
Обладает биологической инертностью	Z7	2

Таблица 2

Этапы проектирования	Наименование группы факторов	Кодирование факторов
1	Требования строителей	$Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_k)$
	↓	
2	Группы (строения, геометрические, механические и другие) свойств	
	↓	
3	Простые свойства	$Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$
	↓	
4	Количественные показатели свойств	
	↓	
5	Группы (назначения, эксплуатационной надежности, технологичности, безопасности и другие) показателей качества	
	↓	
6	Показатели качества технического текстиля	$X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$

На этапе выделения свойств нетканых геотекстильных материалов воспользова-

лись соответствующими матрицами свойств [8] (см. в качестве примера табл. 3).

Таблица 3

Требования строителей	Матрица механических свойств технического текстиля (при деформации растяжения)		
	Характер испытания	Вид испытания	Наименование свойства
Обладает высокой прочностью (Z ₂) Обладает хорошей упругостью (Z ₅)	Без разрушения (неразрывные характеристики)	Полуцикловые	Жесткость
			Податливость
			Напряженность
			Ползучесть
		Деформация	
		Одноцикловые	Упругость
			Эластичность
	Пластичность		
	С разрушением (разрывные характеристики)	Многоцикловые	Усталость
		Полуцикловые	Прочность
Многоцикловые			Выносливость
			Долговечность

В результате получили следующий список свойств исследуемого геотекстильного полотна: прочность (на растяжение) (Y_1); материалоемкость (Y_2); фильтрационная способность (Y_3); химическая стойкость (кислотные и щелочные среды) (Y_4); деформация (удлинение) (Y_5); морозостойкость (Y_6); термостойкость (Y_7); водопроницаемость (Y_8); стабильность размеров (Y_9) и биостойкость (Y_{10}).

На этапе установления значимости выявленных свойств геополотен вводили шкалу порядка по установлению тесноты

связи (сильная – 9 баллов; средняя – 5 баллов; слабая – 1 балл) между требованиями строителей и свойствами геотекстиля. В центральном поле табл. 4 отмечали в баллах зависимость между требованиями потребителей и качественными характеристиками. Например, требование «является хорошим фильтром» (Z_1) сильно коррелирует со свойством фильтрационная способность (Y_2), средняя корреляция связана со свойством водопроницаемость (Y_1) и имеет слабую корреляцию со свойством материалоемкость (Y_3).

Т а б л и ц а 4

Оценка строителей		Свойства технического текстиля									
		Y_8	Y_3	Y_2	Y_1	Y_5	Y_6	Y_7	Y_{10}	Y_4	Y_9
Z_1	5	5	9	1							
Z_2	5			5	9	1					
Z_3	4			1	9						1
Z_4	4				5					9	
Z_5	3		1	5		9					5
Z_6	3						9	9			
Z_7	2								9		
Значимость y_i		25	48	49	101	33	27	27	18	36	19

Далее на основании числовых значений весомости показателей выделили наиболее значимые качественные показатели: фильтрационная способность, материалоемкость, прочность, деформация (удлинение), морозостойкость, термостойкость, химическая стойкость. В дальнейшем с использованием базы данных по количественным характеристикам свойств установили требуемые с присвоением им статуса единичных показателей качества (табл. 5).

На следующем этапе для единичных показателей качества осуществляли перерасчет их значимости в соответствии со значимостью их свойств (см. табл. 5). Методика перерасчета значимости заключалась в следующем: пусть качественной характери-

стике Y_i , $i = \overline{1, 7}$ (значимость y_i) соответствует k единичных показателей качества. Тогда получение нормированного балла значимости данной качественной характеристики (y'_i) осуществляем по формуле:

$$y'_i = y_i k / \sum_{i=1}^7 y_i k, i = \overline{1, 7}.$$

Приведем пример. Свойству Y_1 (прочность), значимость которого составляет $y_1 = 101$, соответствует два единичных показателя качества: X_1 (разрывная нагрузка в продольном направлении) и X_2 (разрывная нагрузка в поперечном направлении). Нормированная значимость y'_1 определяется:

$$y'_1 = \frac{101 \cdot 2}{101 \cdot 2 + 49 + 48 \cdot 3 + 36 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 27 + 27} = 0,344.$$

В этом случае нормированную значимость α_1 и α_2 каждого из показателей X_1 и

X_2 вычисляем следующим способом:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{0,344}{2} = 0,172.$$

Используя данную методику, в итоге получили список единичных показателей ка-

чества нетканых геополотен с указанием их значимости (см. табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Свойство	Значимость Y_i	Показатели качества				
		обозначение	единица измерения	значение		весомость α_i
				$X_{рас}$	$X_{нор}$	
Y_1	101	X_1	кН/м	300	280	0,172
		X_2	кН/м	400	380	0,172
Y_2	49	X_3	г/м ²	257	243	0,084
Продолжение табл. 5						
Y_3	48	X_4	м/сут	130	130	0,082
		X_5	м/сут	130	130	0,082
		X_6	мм	0,005	0,005	0,082
Y_4	36	X_7		0,95	0,97	0,061
		X_8		0,30	0,35	0,061
Y_5	33	X_9	%	0,88	0,90	0,056
		X_{10}	%	0,88	0,90	0,056
Y_6	27	X_{11}		0,87	0,90	0,046
Y_7	27	X_{12}		0,89	0,90	0,046

Комплексный показатель качества (КПК)

вычисляли с помощью выражения [9]:

$$КПК = \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i}{\|X_i\|} \right)^{sgnb} \alpha_i, \quad \alpha_i = 0,96, \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1.$$

$$sgnb = \begin{cases} +1, & \text{если } X_i < \|X_i\|, \\ -1, & \text{если } X_i > \|X_i\|, \\ 0, & \text{если } X_i = \|X_i\|. \end{cases}$$

где $X_i, \|X_i\|$ – соответственно расчетное и проектированное значения i -го показателя качества.

показатели качества и установления их весомости, а общий уровень качества проектируемой продукции определялся через комплексный показатель.

Согласно общепринятым уровням градации качества продукции отмечаем, что КПК, находящийся в пределах 0,81...1,00, соответствует высокому значению потребительского качества исследуемого геотекстильного полотна.

ЛИТЕРАТУРА

ВЫВОДЫ

Усовершенствована известная методика [7] проектирования качества потребительской продукции применительно к геотекстильным материалам за счет введения новых операций, которые позволили повысить достоверность самого процесса проектирования путем повышения надежности в развертывании требований потребителей через соответствующие качественные характеристики (свойства) в количественные

1. Есиркепова А.М., Абельданова А.Б., Тулеметова А.С. и др. Технический текстиль: перспективы и развитие рынков потребления // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. №1. С.104...112.
2. Столяров О.Н., Горшков А.С. Применение высокопрочных текстильных материалов в строительстве // Инженерно-строительный журнал. 2009. №4. С. 21...25
3. Клюев С.В., Клюев А.В., Шорстова Е.С. Фибробетон для 3-D аддитивных технологий // Строительные материалы и изделия. 2019. №4. С. 14...20.
4. Боцман А.С., Бальзанникова М.И., Галицкова К.С. и др. Применение тканых геосинтетических материалов в России // Пути улучшения качества автомобильных дорог. Самара: Изд-во Самар. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. С. 19...22.
5. Румянцев Е.В., Степанов С.Г., Киселев М.В., Матрохин А.Ю., Трещалин М.Ю. Полимерные ком-

позиционные материалы на волокнистой основе: тенденции развития, характеристики, научные направления // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 6 (396). С. 14...20.

6. Шустов Ю.С. Современные методы прогнозирования свойств текстильных материалов. М.: РГУ им. А.Н.Косыгина, 2018. 234 с.

7. Брагин Ю.В., Корольков В.Ф. Путь QFD: проектирование и производство продукции исходя из ожиданий потребителя. Ярославль: Центр качества, 2003. 240 с.

8. СТО 63165618-002-2010. Полотна нетканые геотекстильных марок «Геоманит» для строительства.

9. Лысова М.А., Ломакина И.А., Лунькова С.В., Гусев Б.Н. Математические методы в проектировании и оценивании качества текстильных материалов и изделий. Иваново: ИГТА, 2012. 252 с.

10. Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Синяева И.Н., Гусев Б.Н. Выделение качественных характеристик производственной продукции // Методы менеджмента качества. 2011. № 6. С. 42...45.

11. Пухова Е.И., Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н. Определение базовых значений показателей качества конкурентоспособной геотекстильной продукции // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. №3. С. 287...290.

REFERENCES

1. Esirkepova A.M., Abeldanova A.B., Tulemetova A.S. and others. Technical textiles: prospects and development of consumer markets // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2019, No. 1. P. 104...112.

2. Stol'yarov O.N., Gorshkov A.S. The use of high-strength textile materials in construction // Engineering and construction magazine. 2009. No. 4. S. 21 ... 25.

3. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Shorstova E.S. Fiber-reinforced concrete for three-dimensional additive technologies // Building materials and products. 2019. No. 4. P. 14...20.

4. Botsman A.S., Balzannikova M.I., Galitskova K.S. The use of woven geosynthetic materials in Russia // Ways to improve the quality of highways. Samara: Publishing House of the Samara State University of Architecture and Civil Engineering, 2015. S. 19...22.

5. Rummyantsev E.V., Stepanov S.G., Kiselev M.V., Matrokhin A.Yu., Treschalin M.Yu. Polymer composite materials on a fibrous basis: development trends, characteristics, scientific directions // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2021. No. 6 (396). S. 14...20.

6. Shustov Yu.S. Modern methods for predicting the properties of textile materials (monograph). М.: RGU im. A.N. Kosygin, 2018. 234 p.

7. Bragin Yu.V., Korolkov V.F. The QFD Path: Design and manufacture products based on customer expectations. Yaroslavl: Quality Center, 2003. 240 p.

8. СТО 63165618-002-2010. Non-woven geotextile fabrics Geomanit for construction.

9. Lysova M.A. Mathematical methods for designing and assessing the quality of textile materials and products / M.A. Lysova, I.A. Lomakina, S.V. Lunkova, B.N. Gusev. Ivanovo: IGTA, 2012. 252 p.

10. Lysova M.A. Allocation of qualitative characteristics of industrial products / M.A. Lysova, N.A. Gruzintseva, I.N. Sinyaeva, B.N. Gusev // Methods of quality management. 2011. No. 6. S. 42... 45.

11. Pukhova E.I., Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Gusev B.N. Determination of basic values of quality indicators of competitive geotextile products // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022, No. 3. S. 287...290.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения, метрологии и стандартизации ИВГПИУ. Поступила 20.03.23.