

УДК 677.017
DOI 10.47367/0021-3497_2025_3_52

**АНАЛИЗ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ**

**ANALYSIS AND DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF DESIGN METHODS
OF TEXTILE MATERIALS AND PRODUCTS QUALITY**

Т.Н. НОВОСАД¹, Б.Н. ГУСЕВ¹, А.Ю. МАТРОХИН¹, Н.А. ГРУЗИНЦЕВА¹, М.А. ЛЫСОВА²

T.N. NOVOSAD¹, B.N. GUSEV¹, A.Y. MATROKHIN¹, N.A. GRUZINTSEVA¹, M.A. LYSOVA²

¹Ивановский государственный политехнический университет,
²Ивановский государственный химико-технологический университет)

¹Ivanovo State Polytechnic University,
²Ivanovo National University of Chemistry and Technology)

E-mail: k_mtsm@ivgpu.ru

Качество производимой продукции определяется совокупностью ее свойств, позволяющих удовлетворять определенные запросы широкого круга потребителей в соответствии с назначением данной продукции.

С целью анализа и развития методов проектирования качества различных по виду текстильных материалов и изделий на первом этапе рассмот-

рены действующие нормативные документы, которые в основном разработаны и приняты в конце прошлого столетия и содержат методические рекомендации по проектированию и обеспечению качества потребительской продукции. Доказана необходимость их совершенствования по причине постоянного развития методологии процессов планирования и проектирования качества текстильных материалов и изделий. В этом контексте выделены традиционный и новый алгоритмы процесса проектирования качества текстильных материалов и изделий. Систематизированы и приведены методы установления нормативных значений показателей качества, в том числе и для производства конкурентоспособной продукции. Рассмотрены методы установления весомости показателей качества, необходимые для формирования комплексного показателя качества для итоговой оценки процесса проектирования исследуемого свойства.

The quality of manufactured products is determined by the totality of its properties, which make it possible to meet the specific needs of a wide range of consumers in accordance with the purpose of this product.

To achieve the goal set in the work in the direction of analyzing and developing methods for designing the quality of various types of textile materials and products, at the first stage, the current regulatory documents were considered, which were mainly developed and adopted at the end of the last century, reflecting methodological recommendations for the design and quality assurance of consumer goods. It is shown that their improvement is necessary due to the constant development of the methodology of planning and designing the quality of textile materials and products. In this context, the traditional and new algorithms of the quality design process of textile materials and products are highlighted.

Methods of establishing normative values of quality indicators, including for the production of competitive products, are systematized and presented. The methods of establishing the weight of quality indicators necessary for the formation of a comprehensive quality indicator for the final assessment of the design process of the studied real estate object are considered.

Ключевые слова: текстильные материалы и изделия, качество, методы проектирования, номенклатура показателей, нормативные значения.

Keywords: textile materials and products, quality, design methods, nomenclature of indicators, normative values.

Введение

Качество продукции представляет собой материальную основу удовлетворения как производственных, так и личных потребностей конкретных потребителей, и этим определяется его уникальная экономическая и социальная значимость. Экономическое содержание понятия «качество продукции» базируется на том, что качество продукции формируется в процессе ее изготовления. Поэтому как экономическая категория качество продукции рассматривается

овещественным результатом производственной деятельности, сопряженным с соответствующими затратами. ГОСТ 15467-79 (табл. 1) определяет понятие «качество» следующим образом: «Качество продукции – это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением». Так как качество продукции определяется совокупностью ее свойств, то они определяют ее техническое совершенствование, которое закладывается при проектиро-

вании продукции и обеспечивается в технологических процессах производства.

Качество относится к категории сложных свойств, которые условно можно выделить в две группы: оценочные и функциональные. К первой группе помимо свойства «качество» можно отнести конкурентоспособность, результативность, эффективность, экономичность и другие. Ко второй группе – эксплуатационную надежность, технологичность, эргономичность, формоустойчивость и другие.

Формирование алгоритма проектирования качества продукции должно начинаться с анализа понятия (определения), которое приведено в нормативной литературе. В работе [1] показано изменение понятия качества продукции в международных нормативных документах ИСО серии 9000: в первой редакции документа в конце 20 века качество определяется как «совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные или предполагаемые потребности», в последней редакции стандарта – как «степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям» (см. табл. 1). Таким образом, в международных стандартах по менеджменту качества понятие (определение) «качество продукции» постепенно трансформировалось в понятие «оценка качества продукции».

Для проектирования качества продукции в работе [2] предложено ввести два взаимосвязанных определения: одно на уровне качественных характеристик (свойств) в варианте: «Качество ($K_{ПС}$)

является сложным свойством объекта, содержащим совокупность потребительских свойств ($ПС$)» или в формализованном представлении

$$K_{ПС} \rightarrow \langle (ПС)_1, \dots, (ПС)_i, \dots, (ПС)_n \rangle, \quad (1)$$

а другое определение на уровне количественных характеристик в виде: «Оценка качества K_x продукции есть степень соответствия значений информативных количественных характеристик (X) потребительских свойств их требуемым значениям ($\|X\|$)», т. е. в свернутом виде с применением арифметического способа усреднения в записи

$$K_x = \sum_{i=1}^n (X / \|X\|)_i^{\text{sgnb}} \alpha_i, \quad (2)$$

где $\text{sgnb} = +1$, если $X \leq \|X\|$, и $\text{sgnb} = -1$, если $X \geq \|X\|$; α_i – коэффициент весомости i -й количественной характеристики ($\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$).

Уточненные понятия качества продукции позволяют целенаправленно решать проблемы, связанные с построением алгоритма процесса его проектирования.

Методы исследования

В табл. 1 приведены действующие нормативные документы, отражающие понятия и отдельные операции, необходимые для планирования, проектирования и обеспечения качества потребительской продукции.

Т а б л и ц а 1

Номер стандарта	Наименование стандарта	Рекомендации по изменению
ГОСТ 15467-79	Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения	Требуется пересмотра с учетом изменения терминологии
ГОСТ 22851-79	Выбор номенклатуры показателей качества промышленной продукции	Требуется пересмотра с учетом расширения номенклатуры показателей
РД 50-64-84	Методические указания по разработке государственных стандартов, устанавливающих номенклатуру показателей качества групп однородной продукции	Требуется пересмотра с учетом расширения номенклатуры показателей

ГОСТ 4.3-78	Система показателей качества продукции. Ткани и штучные изделия хлопчатобумажные и смешанные бытового назначения. Номенклатура показателей	
ГОСТ 4.8-2003	Пряжа хлопчатобумажная и смешанная. Номенклатура показателей	
ГОСТ 4.26-80	СПКП. Изделия трикотажные. Номенклатура показателей	Требуется пересмотра с учетом расширения номенклатуры показателей
ГОСТ 4.30 -78	СПКП. Ткани и штучные изделия хлопчатобумажные и смешанные бытового назначения. Номенклатура показателей	Требуется пересмотра с учетом расширения номенклатуры показателей
ГОСТ 4.34-84	СПКП. Полотна нетканые и штучные нетканые изделия бытового назначения. Номенклатура показателей	Требуется пересмотра с учетом расширения номенклатуры показателей
ГОСТ 4.45-86	СПКП. Изделия швейные бытового назначения. Номенклатура показателей	Требуется пересмотра с учетом расширения номенклатуры показателей
ГОСТ 4.51-87	СПКП. Ткани и штучные изделия бытового назначения из химических волокон. Номенклатура показателей	Требуется пересмотра с учетом расширения номенклатуры показателей
ГОСТ 23554.0-79	Экспертные методы оценки качества промышленной продукции. Основные положения	
ГОСТ 24294-80	Определение коэффициентов весомости при комплексной оценке технического уровня и качества продукции	
ГОСТ Р ИСО 9000-2015	СМК. Основные положения и словарь	
ГОСТ Р ИСО 9001-2015	СМК. Требования	
ГОСТ Р ИСО 10005-2005	Менеджмент организации. Руководящие указания по планированию качества	Необходима разработка методических рекомендаций для текстильной отрасли
ГОСТ Р ИСО 10006-2005	СМК. Руководство по менеджменту качества при проектировании	Необходима разработка методических рекомендаций для текстильной отрасли
ГОСТ Р 56564-2015	СПКРП. Рекомендации по формированию нормативной базы для оценки качества продукции	

Анализ данных, приведенных в табл. 1, показывает, что отечественные нормативные документы по обеспечению качества промышленной продукции, в том числе текстильных изделий, разработаны и приняты в конце 20 века. В дальнейшем использовался опыт международной организации по стандартизации (ИСО) в рамках утверждения национальных стандартов по системам и менеджменту качества [3].

Процесс проектирования качества продукции состоит из следующих операций:

- определение номенклатуры единичных показателей качества (ЕПК);
- установление нормативных (базовых) значений ЕПК;
- количественная оценка самого процесса проектирования с применением ком-

плексного показателя качества и последующим принятием решения о достижении (или недостижении) требуемого уровня качества продукции.

При определении номенклатуры единичных показателей качества первоначально методом декомпозиции из существующей базы данных устанавливается номенклатура простых свойств по соответствующим группам (рис. 1), где в дальнейшем с использованием базы данных количественных показателей простых свойств выделяются наиболее информативные показатели с учетом особенностей технологии производства изготавливаемой продукции с приданием им статуса единичных показателей качества.

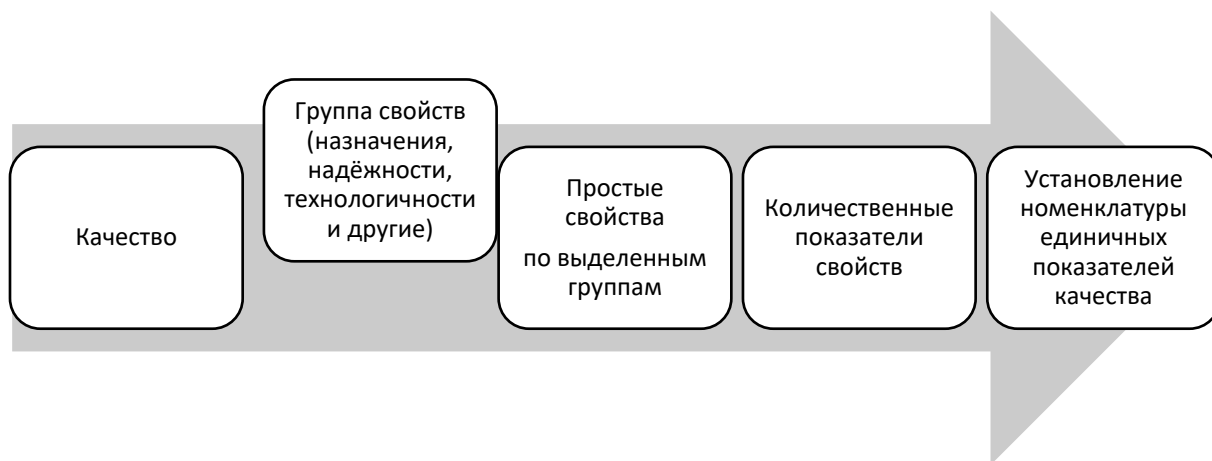


Рис. 1

Результаты и обсуждения

Наиболее распространенным в проектировании качества промышленной продукции является метод [4...8], 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 производимой продукции. Рассмотрим операции данного метода на примере обеспечения качества текстильной продукции.

В качестве объекта исследования в работе [9] выбрано геотекстильное нетканое полотно торговой марки «Геоманит» производства ООО «НИПРОМТЕКС», которое широко используется при строительстве и ремонте автомобильных дорог. К качеству данного вида полотен предъявляются опре-

деленные требования: эксплуатационные, экономические, технологические и экологические.

С учетом выделенной последовательности операций проектирования выбранного объекта исследования первоначально был произведен опрос специалистов дорожной отрасли с целью выявления их требований к нетканым геотекстильным материалам при строительстве автомобильных дорог на участках с повышенной влажностью. Оценка важности предъявляемых требований также была произведена потребителем 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. 2.

Таблица 2

Требования строителей автомобильных дорог к геополотну	Обозначение	Оценка
Является хорошим фильтром	Z_1	5
Обладает высокой прочностью	Z_2	5
Долго служит	Z_3	4
Устойчиво к различным воздействиям	Z_4	4
Обладает хорошей упругостью	Z_5	3
Устойчиво к различным температурным воздействиям	Z_6	3
Обладает биологической инертностью	Z_7	2

Представленные данные обработаны методом факторного анализа, для чего первоначально сформировали факторное пространство (табл. 3) с кодированными обо-

значениями требований потребителей, свойствами и показателями качества нетканого геополотна.

Этап проектирования	Наименование группы факторов и их кодированные обозначения
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: $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$

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

На этапе установления значимости выявленных свойств геополотна 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 взаимосвязь между требованиями потребителей и качественными характеристиками. Например, требование «является хорошим фильтром» (Z_1) имеет сильную связь со свойством фильтрационная способность (Y_2), среднюю – с водопроницаемостью (Y_1) и слабую – с материалоемкостью (Y_3).

Таблица 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, хими-

ческая стойкость. С использованием базы данных по количественным характеристикам свойств установили требуемые значения с присвоением им статуса единичных показателей качества (табл. 5).

Таблица 5

Свойства		Показатели качества				
обозначение	значимость	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
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 вычислялся с помощью выражения (2), где в итоге получено значение $K_x = 0,96$. Согласно общепринятым уровням градации качества продукции K_x , находящийся в пределах 0,81...1,00, соответствует высокому значению потребительского качества исследуемого геотекстильного полотна.

Используемый метод проектирования качества имеет существенный недостаток, связанный с тем, что при выявлении общих требований к продукции путем опроса потребителей последние не всегда владеют объективной информацией о реальных ее свойствах 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. Поэтому методология проектирования требуемого уровня качества (как совокупности потребительских свойств) текстильных материалов должна прежде всего определяться теми функциями, которые выполняются искомыми материалами в конкретном швейном, специальном или строительном изделии.

На кафедре МТСМ ИВГПУ разработан и реализован ряд методик по проектированию требуемого уровня качества и других сложных свойств (конкурентоспособность, эксплуатационная надежность, технологичность и другие) различных текстильных материалов и изделий.

Последовательность операций проектирования качества текстильных материалов (ТМ) технического назначения, используемых, например, в строительных изделиях, осуществляется следующим образом:

- установление выполняемых функций ТМ в строительном изделии;
- определение видов технологического воздействия на ТМ со стороны строительного изделия;
- выделение определяющих свойств ТМ;

- установление количественных показателей определяющих свойств ТМ;
- придание количественным показателям статуса ЕПК;
- формирование нормативных (базовых) значений ЕПК;
- расчет комплексного показателя качества.

На первом этапе с учетом выбранного объекта исследования выделяются функции ТМ, выполняемые в искомом строительном изделии, а на втором этапе – возможные технологические воздействия на него в данном изделии. В табл. 6 приведены выполняемые функции и технологические воздействия на нетканое геополотно при использовании его в строительстве автомобильных дорог [10].

Т а б л и ц а 6

Функции	Технологические воздействия
Разделение Борьба с эрозией Фильтрация Дренирование	Воздействие влаги Изменение температуры Влияние микроорганизмов Влияние агрессивных сред Осевая нагрузка Усилие растяжения

Далее методом анализа иерархий провели установление приоритетов вариантов (функции) и альтернатив (технологические воздействия). С этой целью составлено пять матриц парных сравнений, в которых эксперты отмечали свои суждения о значимости одного варианта по сравнению с другим по отношению их влияния на общую для них характеристику.

Для расчета сформированных алгоритмов данной операции разработана программа на языке Python 3.11, окно которой представлено на рис. 2.

Алгоритм проектирования качества для текстильных материалов и изделий существенно зависит от их вида. Покажем это на примере проектирования качества сортировки хлопкового волокна.

АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ГТМ					
Данные					
Строительный Объект	Геотекстильный материал (ГТМ)				
Автомобильная дорога	Нетканое				
Функции ГТМ	Технологические воздействия				
эрозией; Фильтрация; Дренаживание	организмов; Осевая нагрузка; Усилие растяжения				
Результат					
	Разделение	Борьба с эрозией	Фильтрация	Дренаживание	Приоритет
	0.276	0.319	0.243	0.162	
Воздействие влаги	0.105	0.1	0.161	0.292	0.147
Изменение температуры	0.105	0.079	0.089	0.101	0.092
Влияние микроорганизмов	0.029	0.017	0.014	0.01	0.018
Влияние микроорганизмов	0.056	0.027	0.014	0.006	0.028
Осевая нагрузка	0.353	0.134	0.05	0.014	0.154
Усилие растяжения	0.353	0.106	0.027	0.005	0.139

Рис. 2

В основе алгоритма проектирования качества продуктов прядения [11] лежит концепция постоянного циклического улучшения "Планируй-Делай-Проверяй-Действуй",

приведенная в ГОСТ Р ИСО 9001-2015 (см. табл. 1). Согласно данной концепции проектирование не должно опираться на неизменные во времени эмпирические формулы. Они могут и должны динамично изменяться, являясь внутренним результатом проектирования, основанным на статистическом анализе накопленных фактических данных технического контроля.

Результатами проектирования качества продуктов прядильного производства следует считать состав смеси волокон, утвержденный главным технологом, а также номинальные и предельно допустимые значения ЕПК пряжи и полуфабрикатов прядильного производства. На основе установленных допусков появляется возможность объективной оценки результативности технологических процессов с точки зрения достигнутого уровня качества (рис. 3).

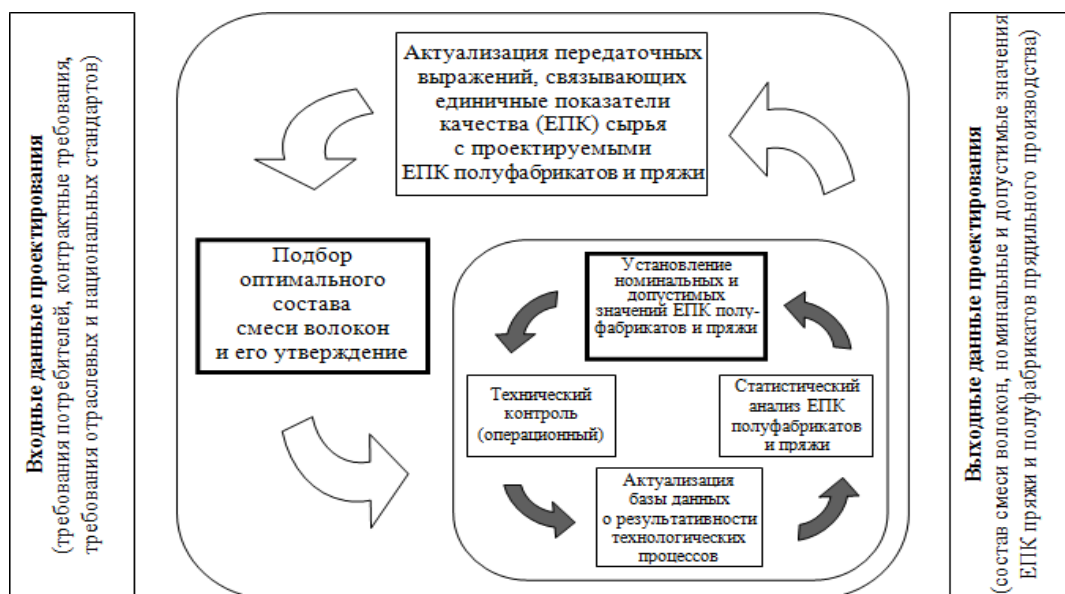


Рис. 3

Задача обработки информации о продуктах и процессах прядильного производства с целью выработки адекватных нормативных (проектных) уровней осложняется большим количеством технологических переходов, видов полупродуктов и соответствующих показателей качества. В связи с этим целесообразно применить принципы искусственного интеллекта, когда решение о выборе проектируемого значения того или иного

показателя качества сырья или промежуточного полуфабриката принимается на основании множества критериев (функций), соревнующихся и дополняющих друг друга. Подобные динамичные системы и устойчивые алгоритмы проектирования могут быть реализованы с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС), а именно сетей с обратной связью [12].

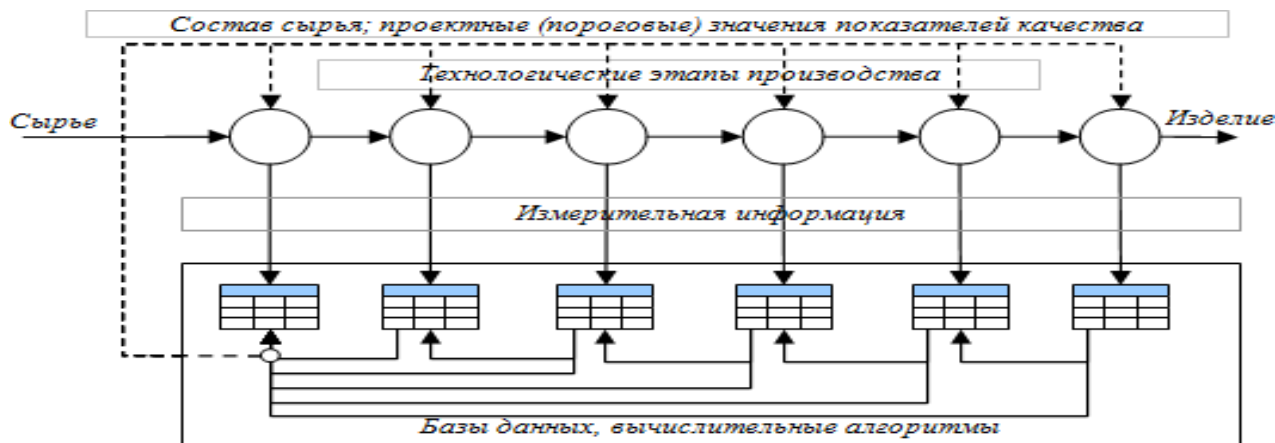


Рис. 4

Вместе с тем ни один из существующих типов ИНС в чистом виде не позволит получить топологию, обладающую оптимальным набором возможностей и свойств (устойчивостью, объемом памяти и др.). В связи с этим в качестве перспективного решения предлагается использовать гибридную архитектуру, то есть сочетание различных типов ИНС, комбинирование их в различных слоях нейронов. Общая структура ИНС без детализации нейронов представлена на рис. 4.

По существу, на сегодняшний день сформирован значительный методический

материал по проектированию качества полуфабрикатов и конечных продуктов (пряжи) прядильного производства, а также готовых текстильных изделий: тканого [13, 14], нетканого [15] и трикотажного [16] полотна и других текстильных изделий [17, 18].

Рассмотрим теперь методологию установления нормативных (базовых) значений показателей качества, основные операции используемых методов представлены в табл. 7.

Таблица 7

Название метода	Основные операции	Рекомендации по применению
Экспертный [19]	Подбор экспертов с учетом их квалификации. Установление согласованности экспертов. Проведение опроса экспертов. Обработка результатов опроса	При разработке технических условий на продукцию
На основе обработки многократных измерений (ГОСТ 8.207-76)	Многократные измерения показателя качества ($n \geq 0$). Определение статистических характеристик положения и рассеяния. Установление доверительных интервалов	При постановке на производство новой продукции
С использованием интерполяции данных [20]	Анализ технических условий на производимую продукцию. Выбор показателя качества. Оценка интервалов дискретности значений показателя качества. Подбор экстраполирующей функции	При расширении ассортимента продукции
На основе линейного корреляционно-регрессионного анализа [21]	Анализ нормативных значений показателей качества изделия отдельного производителя. Установление нормативного значения для конкурентного образца	При производстве конкурентоспособной продукции
С применением аппроксимирующей функции [22]	Выбор показателя качества. Оценка интервалов дискретности значений. Подбор аппроксимирующей функции	При расширении ассортимента продукции
С использованием нейронных сетей [23]	Выделение определяющих факторов. Получение статистически независимых математических моделей	При многоэтапном производстве продукции

Покажем применение метода установления нормативных значений показателей качества на основе линейного корреляционно-регрессионного анализа [21]. Предварительно отметим, что в соответствии с требованиями национального стандарта ГОСТ Р 56564-2015 (см. табл. 1) для производимой российскими предприятиями продукции необходимо при проведении добровольной сертификации в рамках «Системы подтверждения качества российской продукции» формировать нормативную базу данных для оценки ее качества. В эту нормативную базу вносятся требования к произведенной продукции по четырем критериям, один из которых представляет требования, необходимые для определения продукции повышенного качества. Данный критерий состоит из наименования продук-

ции, определяющего (ключевого) показателя качества и его численного значения.

Формирование гипотетического (виртуального) образца, обладающего свойствами конкурентоспособного изделия, сравнение с которым и дает основание относить произведенную продукцию к категории повышенного качества, рекомендуется осуществлять на основе анализа уровня качества однотипной продукции ведущих производителей. Для выбранного объекта исследования (геотекстильного нетканого полотна марки «Дорнит») в технических условиях (ТУ) текстильных предприятий установлены нормативные значения показателей качества: характеристики прочности при деформации на растяжение в продольном и поперечном направлении (табл. 8).

Т а б л и ц а 8

Предприятие	Значения разрывной нагрузки (по длине/по ширине) в кН/м при поверхностной плотности геополотна, г/м ²					
	100	200	300	400	500	600
1. ООО «МЕАПЛАСТ» (Москва)	-	5,0/5,5	8,8/9,0	11,0/13,0	16,0/16,0	20,0/20,0
2. ООО «ЭМИЛИ Групп» (Ниж. Новгород)	1,5/2,1	3,0/4,0	4,6/7,9	7,0/11,0	11,0/15,0	14,0/18,0
3. ООО «НИПРОМТЕКС» (Курская обл.)	3,0/3,0	6,0/7,0	10,0/11,0	12,0/13,0	16,0/18,0	18,0/20,0
4. ООО «РосПромГео» (Нижний Новгород)	3,0/2,7	8,0/6,0	11,0/8,0	16,0/13,0	22,0/16,0	25,0/20,0
5. ООО «Армпласт-ГЕО» (Московская область)	1,9/1,5	4,0/3,2	5,5/4,4	10,5/8,4	14,0/11,2	17,5/14,0
6. ООО «ГЕОПОЛИТЕКС» (Москва)	2,8/2,9	5,5/5,7	8,8/9,0	13,1/13,2	16,0/16,3	20,0/20,5

По данным каждого предприятия построено линейное уравнение регрессии в виде $Y = aX + b$. С этой целью воспользовались надстройкой «Анализ данных. Регрессия» в MS Excel при оценке значимости как коэффициентов корреляции и детерминации, так и параметров уравнения регрессии. В результате получили семейство уравнений регрессии, представленных в табл. 9, с помощью которых в дальнейшем по каждому показателю качества находили усредняющую функцию, вычислив предварительно ее коэффициенты как среднее арифметическое значение коэффициентов всех отдельных функций. Далее в соответствии с требованиями ГОСТ Р 56564-2015 в кате-

гории повышенного качества для каждого предприятия строили обобщенный показатель качества ($Y_{об}^i$) как среднее значение функции регрессии и сравнивали его с обобщенным показателем качества для усредняющей функции $Y_{об}^*$ по следующей шкале порядка: если $Y_{об}^i > Y_{об}^*$, то качество производимой продукции считают высоким; если $Y_{об}^* - 1 < Y_{об}^i \leq Y_{об}^*$, то выделяют категорию приемлемого качества; в противном случае устанавливают категорию неприемлемого качества.

Предприятие	Функциональные зависимости показателей качества (Y_1, Y_2) от поверхностной плотности (X)			Категория качества
	Y_1	Y_2	$Y_{об}, \text{кН/м}$	
1	$Y_1 = 0,037X - 2,720$	$Y_2 = 0,036X - 1,700$	9,82	приемлемое
2	$Y_1 = 0,025X - 2,040$	$Y_2 = 0,033X - 1,893$	8,25	неприемлемое
3	$Y_1 = 0,031X + 0,133$	$Y_2 = 0,034X$	11,42	высокое
4	$Y_1 = 0,045X - 1,533$	$Y_2 = 0,035X - 1,200$	12,56	высокое
5	$Y_1 = 0,032X - 2,400$	$Y_2 = 0,026X - 1,933$	8,01	неприемлемое
6	$Y_1 = 0,035X - 1,147$	$Y_2 = 0,035X - 1,133$	11,15	приемлемое
Усредняющая функция	$Y_1 = 0,034X - 1,618$	$Y_2 = 0,033X - 1,310$	10,33	

Предложенная методика обеспечивает текстильным предприятиям установление фактического уровня качества изготавливаемой ими продукции относительно конкурентоспособного (гипотетического) образца при проведении процедуры подтверждения соответствия в форме добровольной сертификации.

Качество готового продукта, формируемого в результате любого текстильного производственного цикла, определяется не только уровнем качества исходного волокнистого сырья, но и качеством последовательно формируемых полуфабрикатов.

Рассмотрим сущность предлагаемого подхода к проектированию определяющих показателей качества текстильных изделий на примере хлопчатобумажной пряжи кардной системы прядения [23]. Основная идея состояла в совместном использовании множества сгруппированных факторов. Цель группирования влияющих факторов заключалась в получении статистически независимых математических моделей, включающих ограниченное число факторов. Согласно предлагаемому подходу влияющие производственные факторы, отражающие результативность различных технологических процессов, можно подразделить по соответствующим технологическим этапам. Например, к технологическому этапу формирования чесальной ленты могут быть отнесены количественные характеристики, отражающие результативность разъединения и распрямления волокон, очистки волокнистой массы, выравнивания волокнистого продукта.

Методика установления номинальных значений проектируемых показателей качества продуктов прядильного произ-

водства состояла в выполнении следующих операций:

1) начало новой j -й итерации, то есть получение задания на проектирование с новыми входными данными (требованиями) или с сохранением требований от предыдущей $j - 1$ итерации;

2) активация (загрузка в оперативную память) математических моделей с коэффициентами регрессии, определенными методами корреляционного анализа за предыдущий период проектирования;

3) отбор данных мониторинга ЕПК сырья и единичных показателей результативности (ЕПР) технологических этапов x_i , собранных на протяжении предыдущей $j - 1$ итерации проектирования;

4) определение математического ожидания по каждому учитываемому ЕПК;

5) вычисление k значений для каждого проектируемого показателя качества Y_k с помощью k уравнений регрессии;

6) расчет средневзвешенного значения каждого проектируемого показателя качества Y с учетом коэффициентов весомости (γ_k) используемых уравнений;

7) принятие средневзвешенного значения проектируемого показателя в качестве номинального $Y = \|Y\|$.

Эффективная реализация такой многофакторной методики возможна в условиях искусственной нейронной сети с обратной связью (рекуррентная нейронная сеть). Именно этот инструментальный позволяет использовать полученные математические модели в режиме конкуренции, когда вклад (весомость) уравнений и даже их структура могут меняться под влиянием результатов мониторинга фактических значений проектируемых показателей качества. Детализи-

рованную структуру искусственной рекуррентной нейронной сети можно наглядно представить на уровне установления норматива по отдельным показателям качества. Рассмотрим принципы функционирования ИНС на примере проектирования удельной разрывной нагрузки пряжи.

На рис. 5 показана структура одной из

пяти ветвей ИНС для проектирования номинального значения удельной разрывной нагрузки пряжи P_y , предназначенных для проектирования критериев приемки пряжи. Каждая ветвь "отвечает" за установление норм по одному ЕПК пряжи и генерирует номинальные значения независимо от других ветвей.

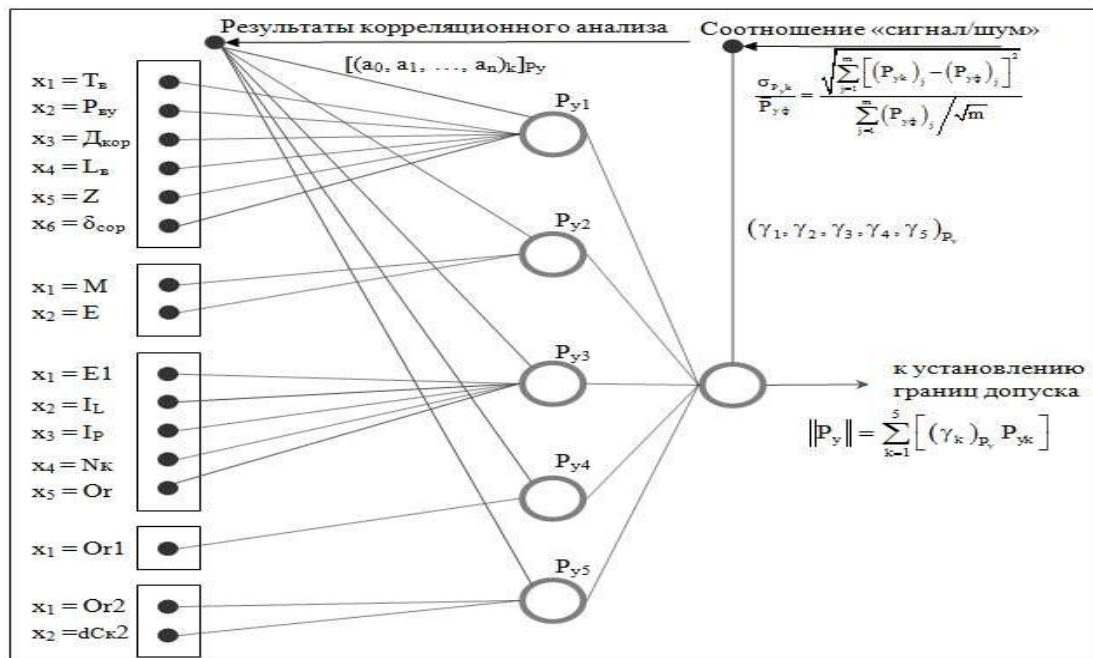


Рис. 5

Проверка достигнутого уровня качества исследуемого текстильного материала или изделия в процессе проектирования осуществляется с использованием выражения (2). При этом в качестве фактических значений показателей качества (X) могут быть использованы нормативные значения технических условий на изготавливаемую продукцию, а также значения, полученные при инструментальной оценке показателей качества [24, 25].

ВЫВОДЫ

1. Ввиду того, что нормативное обеспечение качества текстильных материалов и изделий в процессах их планирования, проектирования и производства сформировано в конце прошлого столетия, назрела необходимость сформировать отраслевую программу по его совершенствованию с учетом предлагаемых в последние годы инновационных методических

решений, опубликованных в периодических научно-технических изданиях.

2. Рассмотрен новый алгоритм проектирования качества текстильных материалов и изделий технического назначения, применяемых в различных строительных материалах (например, бетонном полотне) и объектах (например, при строительстве автомобильных дорог), содержащий операции установления выполняемых функций текстильных материалов в строительном изделии, определения видов технологического воздействия на них со стороны данного изделия, а также нахождения взаимосвязи технологических воздействий с определяющими свойствами текстильных материалов.

3. Отдельно выделены операции проектирования качества текстильных материалов и изделий с применением разработанных компьютерных программ и нейронных сетей.

1. Гусев Б.Н. Совершенствование методологии выявления показателей качества текстильных материалов и изделий // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2005. №6. С. 119...121.

2. Новосад Т.Н., Гоис Т.О., Сташева М.А. и др. Анализ состояния и направления совершенствования оценки качества текстильных материалов и изделий // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. №4. С. 5...24.

3. Ерлыгина Е.Г., Потапова Е.П. Управление качеством в текстильной промышленности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 4. С. 66...72.

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

5. Феофанов А.Н., Шохрина Н.В. Автоматизация этапа проектирования производства за счет применения методологии развертывания функции качества // Технология машиностроения. 2015. № 5. С. 53...55.

6. Андрейчиков А.В., Полозов М.В. Управление качеством проектируемой продукции на основе структурирования функции качества (на примере проектирования легковых автомобилей) // Известия вузов. Машиностроение. 2006. № 9. С. 69...74.

7. Медунецкий В.М., Солк С.В. Проектирование как исходный процесс обеспечения качественных показателей наукоемких и высокотехнологичных изделий // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2012. №4. С. 117...122.

8. Евсеенко С.М. Комплексный показатель качества проектирования изделий научно-производственного приборостроительного предприятия // Инновации. 2020. № 7. С. 87...96.

9. Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гриценко Е.А., Гусев Б.Н. Обеспечение необходимого уровня качества технического текстиля с учетом требований специалистов строительной отрасли // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. №4. С. 96...102.

10. Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Москвитина Т.В., Гусев Б.Н. Установление взаимосвязи выполняемых функций геотекстильного материала в строительном объекте с технологическими воздействиями на него // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 1. С. 32...37.

11. Матрохин А.Ю., Зубко Д.П., Шаломин О.А., Гусев Б.Н. Проектирование сортировки хлопковых волокон требуемого качества и экономичности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2004. №4. С. 12...14.

12. Матрохин А.Ю., Шаломин О.А., Гусев Б.Н. Управление качеством потребительской продукции на основе автоматизированного проектирования // Стандарты и качество. 2010. № 12. С. 24...27.

13. Чагина Л.Л., Рыжов Е.С. Формирование номенклатуры свойств материалов, определяющих качество тентов для водного транспорта // Технологии и качество. 2018. № 1. С. 8...12.

14. Сташева М.А. Комплексная оценка характеристик строения сорочечных тканей // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2006. № 4. С. 17...20.

15. Трещалин М.Ю., Киселев М.В., Мухамеджанов Г.К., Трещалина А.В. Проектирование, производство и методы оценки качества нетканых материалов. Кострома: КГТУ, 2012. 360 с.

16. Сташева М.А. Оценка эстетических свойств тканей для домашнего текстиля // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. №3. С. 18...20.

17. Легезина Г.И. Контроль качества продукции на основе статистических методов // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2021. № 4. С. 41...45.

18. Juran J.M. Strategic Quality Management. Juran's Quality Control Handbook, chapter 6. McGraw-Hill, Inc, 1992.

19. Федюкин В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции: учебное пособие. М.: Филинь, 2004. 296 с.

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

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

22. Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н. Установление нормативных значений по показателям деформации нетканых полотен из полиэфирных волокон // Известия вузов. Серия: Химия и химическая технология. 2022. Т. 65. Вып. 11. С. 98...103.

23. Шаломин О.А., Матрохин А.Ю., Рыбакова Д.А., Гусев Б.Н. Разработка структурной схемы проектирования качества текстильных изделий // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2012. №4. С. 40...45.

24. Кирюхин С.М., Плеханова С.В. Особенности оценки качества текстильных материалов // Дизайн и технологии. 2017. № 6. С. 61...69.

25. Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Мальякко Е.Н. Комплексная оценка механических свойств мебельных тканей // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2011. № 6. С. 12...14.

REFERENCES

1. Gusev B.N. Improving the methodology for identifying quality indicators of textile materials and products // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2005. No. 6. pp. 119...121.

2. *Novosad T.N., Gois T.O., Stasheva M.A. and others.* Analysis of state and directions of quality assessment improvement of textile materials and products // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2023. No. 4. pp. 5...24.
3. *Yerlygina E.G., E.P. Potapova E.P.* Quality management in textile industry // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2024. No. 4. pp. 66...72.
4. *Bragin Yu.V., Korolkov A.F.* The QFD way: designing and manufacturing products based on consumer expectations. Yaroslavl: Quality Center, 2003. 240 p.
5. *Feofanov A.N., Shokhrina N.V.* Automation of the production design stage through the application of the quality function deployment methodology // *Technology of mechanical engineering.* 2015. No. 5. pp. 53...55.
6. *Andreychikov A.V., Polozov M.V.* Quality management of designed products based on the structuring of the quality function (using the example of passenger car design) // *Izvestiya vuzov. Mechanical engineering.* 2006. No. 9. pp. 69...74.
7. *Medunetsky V.M., Salk S.V.* Design as an initial process for ensuring quality indicators of high-tech and high-tech products // *Proceedings of the R.E. Alekseev NSTU,* No. 4. 2012. pp. 117...122.
8. *Evseenko S.M.* A comprehensive indicator of the quality of product design of a scientific and production instrument-making enterprise // *Innovations.* 2020. No. 7. pp. 87...96.
9. *Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Gritsenko E.A., Gusev B.N.* Ensuring the required level of technical textile quality taking into account the requirements of specialists of construction industry // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2023. No. 4. pp. 96...102.
10. *Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Moskvitina T.V., Gusev B.N.* Establishing the relationship between the functions performed geotextile material in a construction object with technological influences on it // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2021. No. 1. pp. 32...37.
11. *Matrokhin A.Yu., Zubko D.P., Shalomin O.A., Gusev B.N.* Designing the sorting of cotton fibers of the required quality and cost-effectiveness // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2004. No. 4. pp. 12...14.
12. *Matrokhin A.Yu., Shalomin O.A., Gusev B.N.* Quality management of consumer products based on computer-aided design // *Standards and quality.* 2010. No. 12. pp. 24...27.
13. *Chagina L.L., Ryzhov E.S.* Formation of a nomenclature of properties of materials that determine the quality of awnings for water transport // *Technology and quality.* 2018. No. 1. p. 8...12.
14. *Stasheva M.A.* Comprehensive assessment of the structural characteristics of kidney tissues // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2006. No. 4. pp. 17...20.
15. *Treshchalina M.Yu., Kiselev M.V., Mukhamedzhanov G.K., Treshchalina A.V.* Design, production and methods of assessing the quality of nonwovens. Kostroma: KSTU, 2012. 360 p.
16. *Stasheva M.A.* Evaluation of aesthetic properties of fabrics for home textiles // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2008. No. 3. pp. 18...20.
17. *Legezina G.I.* Product quality control based on statistical methods // *Izvestiya vuzov. Technology of light industry.* 2021. No. 4. pp. 41...45.
18. *Juran J.M.* Strategic Quality Management. Juran's Quality Control Handbook, chapter 6. McGraw-Hill, Inc, 1992.
19. *Fedyukin V.K.* Fundamentals of qualimetry. Product quality management: a textbook. Moscow: Filin Information and Publishing House. 2004. 296 p.
20. *Shustov Yu.S.* Modern methods of forecasting the properties of textile materials (monograph). Moscow: A.N. Kosygin Russian State University, 2018. 234 p.
21. *Pukhova E.I., Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Gusev B.N.* Determination of the quality indicators' main values of competitive geotextile products // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2022. No. 3. pp. 287...290.
22. *Lysova M.A., Gruzintseva N.A., Gusev B.N.* The establishment of normative values for the deformation of non-woven fabrics made of polyester fibers // *Izvestiya vuzov. Series: Chemistry and Chemical Technology.* 2022. Vol. 65. Issue 11. pp. 98...103.
23. *Shalomin O.A., Matrokhin A.Yu., Rybakova D.A., Gusev B.N.* Development of a structural scheme of designing the quality of textile products // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2012. No. 4. pp. 40...45.
24. *Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V.* Features of quality assessment of textile materials // *Design and technology.* 2017. No. 6. pp. 61...69.
25. *Shustov Yu.S., Kurdenkova A.V., Malyavko E.N.* Complex evaluation of mechanical properties of furniture fabrics // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2011. No. 6. p. 12 ...14.

Рекомендована кафедрой материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии ИВГПУ.
Поступила 09.01.25