

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАНДАРТНЫХ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЯ
НА ПРОДАВЛИВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ
ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**IMPROVEMENT OF STANDARD PUNCHING TESTING METHODS
FOR VARIOUS TYPES OF TECHNICAL TEXTILES**

*Н.А. ОНИПЧЕНКО¹, Н.А. ГРУЗИНЦЕВА¹, Б.Н. ГУСЕВ¹, Д.А. ПИРОГОВ¹, М.А. ЛЫСОВА²
N.A. ONIPCHENKO¹, N.A. GRUZINTSEVA¹, B.N. GUSEV¹, D.A. PIROGOV¹, 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: mtsm@ivgpu.ru

Производство текстильных изделий технического назначения в сравнении с другими видами текстильной продукции постоянно развивается, что определяется прежде всего высокими темпами развития в стране строительной отрасли и принятыми государственными и региональными программами по жилищному и промышленному строительству, обновлению автомобильных дорог и других инновационных объектов. При этом постоянно уделяется внимание проблеме повышения качества и конкурентоспособности производимой промышленными предприятиями текстильной продукции технического назначения путем внедрения и развития систем менеджмента качества, методов бережливого производства, в том числе и за счет решения научных и методических проблем.

Цель исследования состояла в совершенствовании стандартных методов испытания на продавливание различных видов геотекстильных полотен и волокнистых теплоизоляционных (звукоизоляционных) материалов. Приведен аналитический анализ прогнозирования усилия продавливания с использованием заостренного стержня объемных волокнистых текстильных изделий, необходимый для дальнейшего совершенствования измерительных устройств при испытании различных видов текстильных изделий на продавливание.

The production of technical textile products in comparison with other types of textile products is constantly developing, which is determined primarily by the high rates of development of the construction industry in the country and the adopted state and regional programs for housing and industrial construction, reconstruction of highways and other innovative facilities. At the same time, attention is constantly paid to the problem of improving the quality and competitiveness of textile products manufactured by industrial enterprises for technical purposes, through the introduction and development of quality management systems, lean production methods, including by solving scientific and methodological problems.

The aim of the study was to improve standard punching testing methods for various types of geotextile webs and fibrous thermal insulation (sound insulation) materials. The analysis of standard punching testing methods has been carried out with the identification of individual contradictions in the analyzed normative documents. New innovative solutions are proposed and considered to improve the accuracy, speed and reliability of the measurement process of the studied products for stamping. An analytical analysis of the prediction of punching forces using a pointed rod made of volumetric fibrous textiles is presented, which is necessary for further improvement of measuring instruments for testing various types of textiles for punching.

Ключевые слова: текстильные материалы и изделия, показатели качества, испытания на продавливание, стандартные методы, совершенствование узлов измерительной установки, расчет усилия продавливания стержнем.

Keywords: textile materials and products, quality indicators, punching tests, standard methods, improvement of measuring device components, calculation of the rod punching force.

Введение

Российский рынок по производству текстильных изделий технического назначения в сравнении с другими видами текстильной продукции сегодня интенсивно развивается, что определяется прежде всего высокими темпами развития в стране строительной отрасли и принятыми государственными и региональными программами по жилищному и промышленному строительству, обновлению автомобильных дорог и других инновационных объектов [1, 2].

При этом постоянно уделяется внимание проблеме повышения качества и конкурентоспособности производимой промышленными предприятиями текстильной продукции технического назначения путем внедрения и развития систем менеджмента качества [3], методов бережливого производства [4], в том числе и за счет решения научных и методических проблем [5, 6, 7, 8].

Наряду с устоявшимся ассортиментом текстильных изделий технического назна-

чения (например, геотекстильными полотнами) появляются новые виды теплоизоляционных волокнистых изделий с улучшенными показателями качества. В табл. 1 приведены значения показателей качества группы назначения различных видов текстильных изделий, производимых российскими предприятиями.

Анализ технических условий на изготовление указанных в табл. 1 текстильных изделий технического назначения (см., например, СТО 63165618-002-2010 «Полотна нетканые геотекстильные марок «Геоманит» для дорожного строительства. Технические условия») прежде всего выделяет основные контролируемые показатели качества в группе механических характеристик, таких как разрывная нагрузка, разрывное удлинение, ударная прочность, усилие на продавливание. Если для показателей прочности и деформации при испытаниях изделий на их растяжение соответствующие методы детально проработаны (см., например, ГОСТ

Р 53226-2008 «Полотна нетканые. Методы определения показателей прочности»), то при испытании текстильных изделий

технического назначения на продавливание техническое и методическое сопровождение требует дальнейшего совершенствования.

Т а б л и ц а 1

Наименование показателя качества, ед. изм.	Геотекстильные полотна		Теплоизоляционные волокнистые изделия (маты)	
	нетканые (Геоманит) (ООО «Геонор»)	тканые (Ультрастаб) (ООО «Ультрастаб»)	базальтек Евро МПБ (ООО «Базальтек»)	холлофайбер (ООО «Термопол»)
Поверхностная (объемная) плотность, кг/м ² (кг/м ³)	100...500	400...500	20...43	10...50
Толщина, мм	5...10	4...6	20 ...100	50...200
Ширина, м	до 6,0	до 5,0	1,0...1,2	0,6...1,5
Длина, м	Не ограничена	Не ограничена	5...20	Не ограничена
Вид волокна (нити)	Полиэфирное	Полиэфирное	Базальтовое	Полиэфирное
Длина волокна, мм	до 50	-	до 50	до 200
Диаметр волокна (эл. нити), мкм	1...10	1...5	1...5	1...10
Ориентация волокон (вид переплетения нитей)	Относительно про- тяженности полотна	Полотняное	Хаотическая	Хаотическая

Целью проводимого исследования является определение необходимых условий и параметров испытаний на продавливание различных видов текстильных изделий технического назначения, указанных в табл. 1.

Необходимость проведения исследования определяется и задачами нормирования

данного показателя качества (например, для геотекстильных полотен) в зависимости от выполняемой функции применяемого геотекстильного материала в дорожном полотне (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Класс	Усилие при продавливании, кН	Функция геотекстильного материала в дорожном полотне
1	До 0,5	В качестве разделительного и/или фильтрационного слоя
2	1,0...1,5	В качестве разделительного слоя мелкозернистого глинистого и песчаного грунтов
3	1,5...3,0	Разделительный слой между мелкозернистым грунтом и грунтом с содержанием обломочных включений до 40 %
4	Более 3,0	Разделительный и армирующий слои в обломочных грунтах и щебне

Методы исследования

Первоначально осуществлен анализ стандартных методов испытания на продавливание различных видов текстильных материалов и изделий (табл. 3), где в качестве продавливающего элемента используется эластичная диафрагма, цилиндр, конус или заостренный стержень.

Действующий нормативный документ ГОСТ Р 56337-2015, регламентирующий метод определения прочности при динамическом продавливании, не решает проблему

определения соответствующего показателя усилия, так как использует устройство с падающим конусом, которое также предусмотрено в ГОСТ Р ИСО 13433-2014 для определения перфорации (диаметра пробиваемого отверстия) при ударной нагрузке, что прежде всего связано с отсутствием отечественных измерительных средств (установок) для определения усилия продавливания. По этой причине ранее авторы предложили разработать проект соответствующего национального стандарта [9].

Нормативный документ	Вид материала (изделия)	Вид продавливающего элемента	Измеряемый показатель, ед. изм.
ГОСТ Р ISO 13938-1-2021 «Гидравлический метод определения прочности и растяжения при продавливании»	Текстильные материалы и изделия	Эластичная диафрагма	Показатель прочности при продавливании, кПа Высота при продавливании, мм
DIN EN ISO 12236-2006 «Метод испытания на статический прокол»	Геотекстильные материалы	Цилиндр	Показатель прочности при продавливании, кПа
ГОСТ Р ISO 13433-2014 «Метод определения перфорации при динамической нагрузке»	Геотекстильные материалы	Конус	Диаметр пробиваемого отверстия, мм
ГОСТ Р 56337-2015 «Метод определения прочности при динамическом продавливании»	Геотекстильные материалы	Конус	Диаметр пробиваемого отверстия, мм
ГОСТ Р 12.4.260-2011 «Метод определения сопротивления проколу»	Одежда специальная (для защиты от механических воздействий)	Стержень	Усилие сопротивления проколу, Н

Результаты и обсуждения

Для технической поддержки проекта национального стандарта предложено новое измерительное устройство для определения усилия продавливания текстильных изделий технического назначения [10].

В то же время при испытании образцов геотекстильных полотен (нетканых, тканых, трикотажных) на продавливание путем вертикального перемещения конуса в зоне испытания, ограниченной габаритами зажимного кольца, диаметр которого равен 150 мм (нормируется национальным стандартом ГОСТ Р 56337-2015) и превышает максимальный диаметр конуса, который также устанавливается данным нормативным документом и составляет 50 мм, т. е. превышает в 3 раза, возникает в начальной фазе с момента касания конуса (рис. 1) испытываемого образца его прогиб, который не позволяет получить объективные данные о ключевой функциональной характеристике, отражающей усилие продавливания образца в зависимости от текущего диаметра конической поверхности перемещающегося конуса. Другим негативным явлением от прогиба образца в зоне испытания является нарушение его целостности (рис. 2) за пределами касания поверхности конуса, а именно в зоне зажимных колец испытываемого образца, что противоречит

самой методике испытания текстильного изделия на продавливание и приводит к недостоверным результатам испытаний.



Рис. 1



Рис. 2

В предлагаемом авторами новом техническом решении [9] позитивным результатом является повышение точности и достоверности измерений параметрических и функциональных показателей усилия продавливания в процессе испытания геотекстильных материалов за счет исключения первоначального прогиба испытываемого образца в начальной фазе испытаний.

На рис. 3 показан модернизированный узел кольцевого зажима испытываемой пробы технического решения [11]. Подготовленный для испытания образец 1 помещают в кольцевой механизм 2, зажимают его в горизонтальном положении и фиксируют зажимными винтами без провисания.

На направляющем стержне 3 конуса размещена измерительная лента 4 с цифровым кодом положения. Считывающая головка линейного энкодера 5 электрически связана витой парой со входом драйвера 6 управления шаговым двигателем 7, который, в свою очередь, механически соединен с диафрагмой 8, расположенной под испытываемым образцом. Через считывающую головку линейного энкодера 5 сигнал поступает на драйвер 6 управления шаговым двигателем 7, который механически связан с зубчатой передачей диафрагмы 8, позволяющей регулировать площадь ее раскрытия с установленным постоянным зазором (порядка 3...5 мм) в соответствии с площадью, обусловленной диаметром вертикально перемещающегося конуса как продавливающего элемента в зоне испытываемого образца.

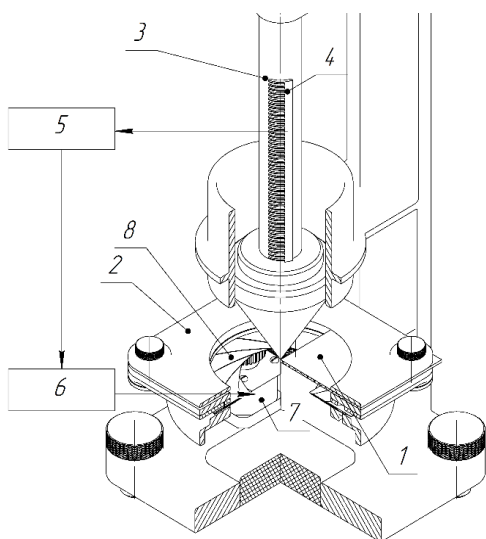


Рис. 3

Определение усилия на продавливание волокнистых теплоизоляционных изделий с приведенными в табл. 1 показателями группы назначения, то есть изделий, имеющих значительную толщину, предлагается осуществлять с использованием заостренного стержня. Для выбора его необходимых геометрических характеристик предварительно проведем анализ действующих составляющих усилий при динамическом продавливании волокнистого изделия заостренным стержнем с учетом положений [10].

Рассмотрим на поверхности стержня элементарную площадку dS , которая представляет собой прямоугольник со сторонами $yd\phi$ и dl (рис. 4), где y – радиус стержня; $d\phi$ – элементарный угол; dl – элементарная часть длины стержня.

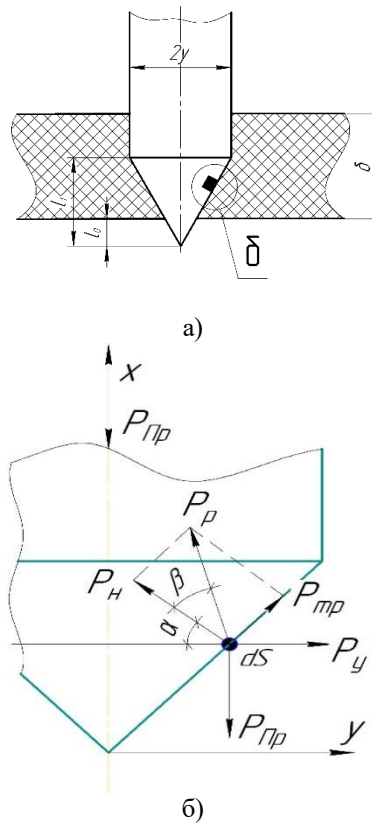


Рис. 4

Тогда площадь этой площадки вычисляется по формуле $dS = yd\phi \cdot dl$. С учетом того, что dl – это гипотенуза в треугольнике с катетом dx и прилежащим к нему углом α между вертикальной центральной осью стержня и поверхностью площадки, получаем

$$dS = yd\phi \frac{dx}{\cos \alpha}. \quad (1)$$

На рис. 4, б представлены силы, действующие при продавливании заостренным стержнем волокнистого изделия, а именно: P_n – сила нормального давления; $P_{тр}$ – сила трения; P_r – результирующая сил нормального давления и силы трения; P_{np} – усилие продавливания (прокола).

На элементарную площадку dS стержня действуют элементарные силы прокола dP_{np} , силы упругости материала dP_{yn} , а также результирующая сил нормального давления и силы трения dP_p . Спроектировав эти силы на оси координат, получим следующие уравнения равновесия:

$$\begin{aligned} dP_{np} &= dP_p \sin(\alpha + \beta); \\ dP_{yn} &= dP_p \cos(\alpha + \beta), \end{aligned}$$

где β – это угол, указанный на рис. 4.

Поделив первое уравнение на второе, получаем:

$$dP_{np} = dP_{yn} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta). \quad (2)$$

Элементарную силу dP_{yn} выражают через напряжение смятия материала $\sigma_{см}$, действующее в нормальной плоскости его сечения:

$$dP_{yn} = \sigma_{см} dS \cos \alpha. \quad (3)$$

Подставляя в формулу (3) выражение для dS , полученное в формуле (1), имеем:

$$dP_{yn} = \sigma_{см} y d\phi dx. \quad (4)$$

Полученную формулу (4) подставляем в выражение (2), тогда

$$dP_{np} = \operatorname{tg}(\alpha + \beta) y \sigma_{см} d\phi dx.$$

Интегрируя полученное равенство по ϕ в пределах от 0 до 2π и по x , получаем:

$$P_{np} = 2\pi \int \sigma_{см} y \operatorname{tg}(\alpha + \beta) dx. \quad (5)$$

Так как при прокалывании волокнистого изделия стержень входит в него сначала своим острием, а затем цилиндрической частью, то сила продавливания P_{np} складывается из суммы сил прокола

острием P_o и продавливания цилиндрической частью $P_{ц}$. Значения этих сил находят, интегрируя выражение (5) в пределах, определяющихся толщиной материала δ , длиной острия l_0 и величиной выхода острия из изделия l_1 :

$$P_o = 2\pi \int_{l_1}^{l_0} \sigma_{см} y \operatorname{tg}(\alpha + \beta) dx, \quad (6)$$

$$P_{ц} = 2\pi \int_{l_0}^{l_0+\delta} \sigma_{см} y \operatorname{tg}(\alpha + \beta) dx. \quad (7)$$

Для цилиндрической части радиус равен половине диаметра ($y = \frac{1}{2}D$, где D – диаметр стержня). Кроме того, так как $\operatorname{tg}(\alpha + \beta) = \frac{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta}{1 - \operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\beta}$, а $\operatorname{tg}\alpha = 0$, то $\operatorname{tg}(\alpha - \beta) = \operatorname{tg}\alpha$ и интеграл (7) принимает вид:

$$\begin{aligned} P_{ц} &= 2\pi \int_{l_0}^{l_0+\delta} \sigma_{см} \frac{1}{2} D \cdot \operatorname{tg}\beta dx = \pi \sigma_{см} D \operatorname{tg}\beta \cdot x \Big|_{l_0}^{l_0+\delta} = \\ &= \pi \sigma_{см} D \operatorname{tg}\beta (l_0 + \delta - l_0) \end{aligned} \quad (8)$$

Общая сила прокола с учетом формул (6) и (8):

$$\begin{aligned} P_{np} &= P_o + P_{ц} = \\ &= 2\pi \int_{l_1}^{l_0} \sigma_{см} y \operatorname{tg}(\alpha + \beta) dx + \pi \sigma_{см} D \operatorname{tg}\beta \cdot (l_0 + \delta - l_0). \end{aligned} \quad (9)$$

При небольших деформациях, что имеет место во время прокола изделия, приближенно можно считать напряжение смятия пропорциональным абсолютной деформации: $\sigma_{см} = \frac{2E}{D} \cdot \varepsilon_a$ (где ε_a – абсолютная деформация; E – модуль упругости материала). Учитывая также, что для цилиндрической части напряжение смятия равно модулю упругости изделия ($\sigma_{см} = E$), получим:

$$P_{np} = \pi E \left(\frac{4}{3D} (D^3 - l_1^3 \operatorname{tg}^3 \alpha) + D \operatorname{tg}\alpha (l_1 + \delta - l_0) \right). \quad (10)$$

С учетом того, что

$$l_1 = \frac{D}{2\operatorname{tg}\alpha} - \delta,$$

при средних значениях углов $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 45^\circ$ в итоге найдем максимум функции (10):

$$P_{np\ max} = \frac{\pi E \delta}{3} \left(\frac{\sqrt{3}}{3} + 1 \right) \left(\frac{4\delta^2}{3D} + 3D^2 - 2\sqrt{3}D\delta \right). \quad (11)$$

Преобразуя постоянную составляющую в одно число, получаем

$$P_{np\ max} = 1,58 \frac{\pi E \delta}{3} \left(\frac{4\delta^2}{3D} + 3D^2 - 2\sqrt{3}D\delta \right). \quad (12)$$

Таким образом, выражение (12) определяет максимальную силу продавливания в зависимости от упругости волокнистого изделия E , диаметра D стержня и толщины δ испытываемого волокнистого изделия.

В табл. 4 приведены расчеты данных усилия продавливания $P_{np\ max}$ при различных фиксированных значениях диаметра стержня и толщины волокнистого материала на основании выражения (12).

Т а б л и ц а 4

D, мм	E, Н/см	$P_{np\ max}$, кН
При $\delta = 20$ мм		
4	30	0,42
5	30	0,33
6	30	0,49
При $\delta = 50$ мм		
4	40	1,33
5	40	1,06
6	40	1,36
При $\delta = 100$ мм		
4	50	3,24
5	50	2,58
6	50	3,65

В качестве перспективного направления дальнейшего совершенствования методов и измерительных средств определения показателей при испытании различных видов текстильных изделий технического назначения на продавливание необходимо выделить автоматизацию и информатизацию

самого процесса измерения с целью повышения быстродействия оценивания, как это предложено авторами в техническом решении [13].

ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ действующих нормативных документов на методы определения показателей различных видов текстильных материалов и изделий при осуществлении динамической нагрузки на продавливание с учетом выделения направлений их дальнейшего развития.

2. Предложены и реализованы новые технические решения по совершенствованию конструкций измерительных устройств на определение усилия и прочности продавливания текстильных изделий технического назначения, позволяющие повысить достоверность и точность в процессе их испытаний, а также обеспечить требуемый уровень автоматизации используемых технических средств.

3. Аналитическим путем определена сила воздействия при продавливании текстильных изделий технического назначения значительной толщины с использованием заостренного стержня, необходимая для определения его геометрических характеристик при соответствующей модернизации измерительной установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Есиркепова А.М., Абельданова А.Б., Тулеметова А.С. и др. Технический текстиль: перспективы и развитие рынков потребления // Известия 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. Демьянович И.В. Количественные подходы к оценке эффективности системы менеджмента качества // Экономика и управление. 2010. № 11. С. 120...123.
4. Воронова Е.Ю., Векишина А.А. Синергетический подход применения методологии бережливого производства в минимизации непроизводительных затрат // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. №1. С. 22...32.
5. Гусев Б.Н., Матрохин А.Ю., Грузинцева Н.А., Лысова М.А. Обеспечение качества технического

текстиля для производства строительных изделий на различных этапах жизненного цикла // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 2. С. 69...78.

6. *Кормашова Е.Р., Грузинцева Н.А., Зяблов В.А., Гусев Б.Н.* Определение показателей качества композитного слоистого текстильного изделия для изготовления бетонного полотна // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. №2. С. 233...239.

7. *Тептерева Г.А., Пахомов С.И., Четвертнева И.А. и др.* Возобновляемые природные сырьевые ресурсы, строение, свойства, перспективы применения // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2021. Т. 64, № 9. С. 5...122.

8. *Одинцова О.И., Владимирцева Е.Л., Козлова О.В. и др.* Отделка текстильных материалов микрокапсулами и наночастицами функциональных веществ // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2023. Т. 66, № 7. С. 173...184.

9. *Кусенкова А.А., Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н.* Совершенствование стандартов для обеспечения качества геосинтетических материалов // Дороги. Инновации в строительстве. 2021. №2 (91). С. 70...72.

10. Пат. 171973 Российская Федерация, МПК G01N 3/42. Устройство для определения прочности геосинтетических материалов при динамическом продавливании.

11. Пат. 2800398 Российская Федерация, СПК G01N 3/42. Устройство для определения прочности геотекстильных материалов при динамическом продавливании.

12. *Соболев А.Н., Схиртладзе А.Г., Некрасов А.Я.* Прикладная механика: учебник. М.: Инфра-М, 2016. 160 с.

13. Пат. 2623839 Российская Федерация, МПК G01L 5/04. Устройство для определения сопротивления геосинтетических материалов ударной динамической нагрузке.

REFERENCES

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

2. *Stolyarov O.N., Gorshkov A.S.* Application of high-strength textile materials in construction // Civil Engineering journal. 2009. No.4. P. 21...25.

3. *Demyanovich I.V.* Quantitative approaches to evaluating the effectiveness of a quality management system // Economics and Management. 2010. No. 11. P. 120...123.

4. *Voronova E.Yu., Vekshina A.A.* A synergistic approach to the use of lean manufacturing technologies in minimizing non-production costs // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 1. P. 22...32.

5. *Gusev B.N., Matrokhin A.Yu., Gruzintseva N.A., Lysova M.A.* Quality assurance of technical textile for the manufacture of building products at different stages of the life cycle // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 2. P. 69...78.

6. *Kormashova E.R., Gruzintseva N.A., Zyablov V.A., Gusev B.N.* Definition of quality indicators of composite layered textile product for the production of concrete cloth // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. No. 2. P. 233...239.

7. *Teptereva G.A., Pakhomov S.I., Chetvertneva I.A. etc.* Renewable natural raw materials, structure, properties, application prospects // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya. 2021. Vol. 64, No. 9. P. 5...122.

8. *Odintsova O.I., Vladimirtseva E.L., Kozlova O.V. etc.* Finishing textile materials with microcapsules and nanoparticles of functional substances // Chem-ChemTech. 2023. Vol. 66, No. 7. P. 173...184.

9. *Kusenкова А.А., Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н.* Improvement of quality assurance standards for geosynthetic materials // Highways. Innovations in construction. 2021. № 2 (91). P. 70...72.

10. Пат. 171973 Russian Federation, IPC G01N 3/42. A device for determining the strength of geosynthetic materials during dynamic stamping.

11. Пат. 2800398 Russian Federation, G01N 3/42. A device for determining the strength of geotextile materials during dynamic punching.

12. *Sobolev A.N., Skhirtladze A.G., Nekrasov A.Ya.* Applied mechanics: a textbook. M.: Infra-M, 2016. 160 p.

13. Пат. 2623839 Russian Federation, IPC G01L 5/04. A device for determining the resistance of geosynthetic materials to shock dynamic load.

Рекомендована кафедрой материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии ИВГПУ. Поступила 11.10.24.