

ТЕХНОЛОГІЯ ЛЕГКОЇ І ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 677.017.4:677.075

С.Ю.БОБРОВА, Л.Є.ГАЛАВСЬКА, Л.А. СИНЬКОВА

Київський національний університет технологій та дизайну

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ В'ЯЗАННЯ НА СТРУКТУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРИКОТАЖУ, ВИГОТОВЛЕНОГО З ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ НИТОК

У статті представлено результати дослідження впливу параметрів в'язання на структурні характеристики надміцного трикотажу, призначеного для захисту від різних видів механічних ушкоджень. Трикотажні полотна вироблено на сучасному високопродуктивному плосков'язальному обладнанні Stoll CMS 330 10 класу із високомолекулярної поліетиленової нитки Dozentrontex. Виявлено, що найбільший вплив на структурні характеристики трикотажу має глибина кулірування та натяг нитки, які і були обрані в якості керованих факторів при постановці експерименту.

У результаті реалізації повного двофакторного експерименту вироблено зразки трикотажу переплетення гладь й досліджено параметри їх структури – кількість петельних рядів та стовпчиків в 100 мм трикотажу (щільність по горизонталі та вертикалі), довжину нитки у петлі та поверхневу густину. Встановлено математичні регресійні залежності, що описують вплив технологічних параметрів в'язання на структурні характеристики трикотажу. Виявлено, що основним чинником, що впливає на зміну параметрів структури трикотажу, є глибина кулірування, яка дозволяє в широких діапазонах регулювати необхідні параметри захисних виробів і прогнозувати їх властивості. Крім того, досліджено розривальне зусилля по лінії петельного стовпчика та розривальне видовження, стійкість до порізу розроблених зразків трикотажу. Одержані показники міцності та стійкості до порізу дають змогу рекомендувати їх для виготовлення різних асортиментних груп захисних трикотажних виробів від механічних ушкоджень. Це можуть бути високоміцні робочі рукавичкові вироби, фартухи, налітніки, наколінники, одяг або вставки до одягу рибалок, мисливців, спортсменів, туристів, а також легкі та ефективні засоби бронезахисту у вигляді жилетів, різних комплектуючих до них, протиосколкові покривала, балістичні маски, балаклави, чохла на шоломи і т.і.

Ключові слова: параметри в'язання, структурні характеристики трикотажу, захисні вироби, високомолекулярна поліетиленова нитка, глибина кулірування, довжина нитки у петлі.

С.Ю.БОБРОВА, Л.Е.ГАЛАВСКАЯ, Л.А. СИНЬКОВА

Киевский национальный университет технологий и дизайна

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЯЗАНИЯ НА СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРИКОТАЖА, ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ

В статье представлены результаты исследования влияния параметров вязания на структурные характеристики сверхпрочного трикотажу, предназначенного для защиты от различных видов механических повреждений. Трикотажные полотна изготовлено на современном высокопроизводительном плосковязальном оборудовании Stoll CMS 330 10 класса из высокомолекулярной полиетиленовой нити Dozentrontex. Выведено, что наибольшее влияние на структурные характеристики трикотажу имеет глубина кулирования и натяжение нити, которые и были выбраны в качестве управляемых факторов при постановке эксперимента.

В результате реализации полного двухфакторного эксперимента изготовлены образцы трикотажу переплетения гладь и исследованы параметры их структуры – количество петельных рядов и столбиков в 100 мм трикотажу (плотность по горизонтали и вертикали), длина нити в петле и поверхностная плотность. Установлены математические регрессионные зависимости, описывающие влияние технологических параметров вязания на структурные характеристики трикотажу. Выведено, что основным фактором, которая влияет на изменение параметров структуры трикотажу, является глубина кулирования, позволяющая в широких диапазонах регулировать необходимые параметры защитных изделий и прогнозировать их свойства. Кроме того, исследованы разрывное усилие по линии петельного столбика и разрывное удлинение, стойкость к порезу разработанных образцов трикотажу. Полученные показатели прочности и устойчивости к порезу позволяют рекомендовать их к

изготовлению защитных трикотажных изделий различных ассортиментных групп от механических повреждений. Это могут быть высокопрочные рабочие перчаточные изделия, фартуки, налокотники, наколенники, одежда или вставки к одежде рыбаков, охотников, спортсменов, туристов, а также легкие и эффективные средства бронезащиты в виде жилетов, различных комплектующих к ним, противоосколочные покрывала, баллистические маски, балаклавы, чехлы на шлемы и т.д.

Ключевые слова: параметры вязания, структурные характеристики трикотажа, защитные изделия, высокомолекулярная полиэтиленовая нить, глубина кулирования, длина нити в петле.

S.Yu. BOBROVA, L.Ye. HALAVSKA, L.A. SYNKOVA
Kyiv National University of Technologies and Design

INFLUENCE OF KNITTING PARAMETERS ON STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF KNITWEAR, PRODUCED FROM HIGH-MOLECULAR POLYETHYLENE YARN

The article presents the results of the study of the influence of knitting parameters on the structural characteristics of ultra-strong knitwear, designed for protection against various types of mechanical damage. Knitted fabrics are made on modern high-producing flat knitting machine Stoll CMS 330 10 from ultra-high molecular polyethylene weight yarn Doyentrontex. It was revealed that the knockover depth and the yarn tension have the greatest influence on the structural characteristics of knitwear, which were chosen as controlled factors when setting up the experiment.

As a result of the full two-factor experiment the knitted fabric samples were produced and the parameters of their structure were investigated – quantity of wales and courses in 100 mm of knit, the loop length and the fabric weight. Mathematical regression dependencies have been established that describe the influence of knitting technological parameters on the knitwear structural characteristics. It has been revealed that the main factor that influences the change in the parameters of the knitwear structure is the knockover depth, which makes it possible to manage the necessary parameters of protective products in wide ranges and predicting their properties. In addition, breaking load along the wale and breaking elongation, cut resistance of the developed knitted fabrics were investigated. The obtained indicators of strength and resistance to cuts allow us to recommend them for the manufacture of various protective knitted products from mechanical damage. These can be high-strength protective gloves and sleeves, aprons, elbow pads, knee pads, clothes or inserts for clothes of fishermen, hunters, athletes, tourists, in addition lightweight and effective means of body armor in the form of vests, various components to them, splinter-proof covers, ballistic masks, balaclava, helmet covers, etc.

Keywords: knitting parameters, structural characteristics of knitwear, protected products, ultra- high molecular polyethylene weight yarn, knockover depth, loop length.

Постановка проблеми

Захисний одяг завдяки високим показникам міцності, зносостійкості та довговічності, що обумовлені використанням високомолекулярних поліетиленових волокон та ниток, знайшов своє застосування у багатьох галузях промисловості, а також у повсякденному використанні, у якості елементів обмундирування представників силових структур та спортсменів.

Асортимент виробів цієї групи представлений різноманітними виробами для захисту від механічних ушкоджень, серед яких високоміцні робочі рукавичкові вироби, фартуки, налокітники, наколінники, одяг та шкарпеткові вироби для рибалок, мисливців, спортсменів, туристів. До цієї групи також відносять легкі та ефективні засоби бронезахисту у вигляді жилетів, різних комплектуючих до них, протиосколкові покривала, балістичні маски, балаклави, чохла на шоломи, а також текстильні композити для бронювання техніки.

Оскільки високомолекулярні поліетиленові нитки не виробляються в Україні, а закуповуються за кордоном за високою ціною, що коливається у відповідності до курсу валют, недоцільно використовувати для в'язання захисних виробів певного асортименту круглі машини з подальшим розкрійним способом виготовлення при великій кількості відходів. Тому потенційним обладнанням для переробки високовартісної сировини, яким оснащені вітчизняні підприємства з виготовлення верхнього трикотажу, є сучасні плосков'язальні автомати фірм Shima Seiki та Stoll. Технологічні можливості зазначених типів високопродуктивного в'язального обладнання дозволяють виробляти деталі складної форми із значною економією матеріалу, майже без відходів й подальших обробних операцій. Завдяки короткому відрізу часу, відведеного на перезаправку обладнання, є можливість швидкого виготовлення дрібних партій виробів та деталей заданої форми. При цьому можна отримувати складні просторові 3D-деталі та вироби за рахунок зміни переплетень, сировини, щільності в'язання та періодичного виключення та включення голок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На даний час не достатньо вивчено особливості переробки надміцної сировини на в'язальних машинах будь-якого типу, оскільки така сировина в Україні переробляється тільки на ткацькому обладнанні. Але найчастіше вироби та полотна для захисту від механічних ушкоджень завозяться в державу з-за кордону. Тому до цього часу відсутні прогресивні технології в'язання захисних виробів і полотен від механічних ушкоджень, хоча в'язальне обладнання на підприємствах легкої промисловості представлено у широкому діапазоні [1,2].

Формулювання мети дослідження

Метою даної роботи є встановлення функціональних залежностей між параметрами в'язання, зокрема глибиною кулірування й вхідним натягом ниток та параметрами структури трикотажу для подальшого виготовлення трикотажу підвищеної міцності з прогнозованими властивостями.

Викладення основного матеріалу дослідження

Для досліджень обрано одинарне кулірне переплетення гладь, структура якого характеризується гладкістю лицьової поверхні, що забезпечить легше проковзування і відповідно надійний захист від різних механічних ушкоджень. Зразки трикотажу виготовлено на плосков'язальному обладнанні Stoll CMS 330 10 класу із високомолекулярної поліетиленової нитки Doyentrontex лінійної густини 132 текс. У процесі в'язання трикотажу на параметри його структури та властивості впливають наступні технологічні параметри: глибина кулірування, сила натягу нитки та зусилля відтягування полотна [3]. Проте, найбільший вплив має глибина кулірування, оскільки саме вона на кулірних машинах визначає довжину нитки у петлі і відповідно щільність в'язання.

У даній роботі сплановано та реалізовано повний двофакторний експеримент, де у якості керованих факторів обрано глибину кулірування та натяг нитки. Глибина кулірування змінювалася шляхом зміни положення кулірного клина. Величину вхідного натягу нитки регулювали за допомогою бокового компенсатора при сталому зусиллі відтягування полотна (табл. 1).

Таблиця 1

Умови проведення експерименту

Умови проведення експерименту	Натуральні значення		Кодовані значення	
	h, мм	c, сН	X_1	X_2
Середній рівень фактора	3,18	22	0	0
Інтервал варіювання факторів I_i	0,5	5	1	1
Максимальний рівень фактора X_{max}	3,68	27	+	+
Мінімальний рівень фактора X_{min}	2,68	17	-	-

На плосков'язальних машинах Stoll глибина кулірування змінюється за допомогою команди NPK (щільність) у діапазоні $-2.0 < n < 2.0$. Для визначення глибини кулірування у міліметрах використана залежність, що описує взаємозв'язок глибини кулірування з довжиною нитки у петлі, розміром основних петлетвірних органів машини, які приймають участь у формуванні петель, та товщиною нитки [4]. На підставі встановлених мінімального та максимального значень довжини нитки у петлі за вказаною залежністю розраховано мінімальне та максимальне значення глибини кулірування. Натяг нитки вимірювався тензометром в сН для максимального та мінімального положення бокового компенсатора.

У результаті реалізації повного двофакторного експерименту на в'язальному обладнанні Stoll вироблено 4 зразка трикотажу й досліджено параметри їх структури – кількість петельних рядів та стовпчиків в 100 мм трикотажу (щільність по горизонталі та вертикалі), довжину нитки у петлі та поверхневу густину (табл.2).

Таблиця 2

Параметри структури трикотажу

Зразок	1	2	3	4
Щільність по горизонталі, N_c (кількість петельних стовпчиків в 100 мм трикотажу)	49	51	54	56
Щільність по вертикалі, N_p (кількість петельних рядів в 100 мм трикотажу)	46	55	79	82
Довжина нитки у петлі, L, мм	8,52	7,99	7,03	6,50
Поверхнева густина, M_s , г/м ²	336,46	342,28	439,92	431,86

У таблиці 3 наведено матрицю планування повного двофакторного експерименту та значення вимірювань довжини нитки у петлі. Кожен дослід матриці планування виконано при 5 повторних дослідах з метою визначення дисперсії відтворюваності S^2_L , яка характеризує помилку дослідів. Перевірку гіпотези про однорідність дисперсії в дослідів матриці здійснено за допомогою критерія

Кохрана G_R [5]. Табличне значення критерія $G_T = [P_{\sigma}=0,95; f\{S_u^2\}=m-1=5-1=4; N=4]=0,91$. У нашому випадку $G_R=0,6287 < G_T=0,91$, тобто дисперсії однорідні і кількість повторних дослідів достатня.

Таблиця 3

Матриця планування з урахуванням ефекту взаємодії. Довжина нитки у петлі L

№ дослідів U	Рівні фактору				Повторні досліди V					$\sum Y_L$	\bar{Y}_L	$S^2_L\{Y\}$
	X_0	X_1	X_2	X_1X_2	1	2	3	4	5			
1	+	+	+	+	8,50	8,50	8,47	8,52	8,60	35,14	8,518	0,00242
2	+	+	-	-	8,00	8,09	7,9	8,00	7,95	39,94	7,988	0,00497
3	+	-	+	-	7,00	7,07	6,95	7,02	7,10	42,59	7,028	0,00347
4	+	-	-	+	6,50	6,48	6,41	6,51	6,60	32,50	6,500	0,00465
Σ												0,01551

За результатами експерименту знайдено значення коефіцієнтів регресії $b_0 = 7,509$, $b_1 = 0,745$, $b_2 = 0,265$, $b_{12} = 0,0005$ [5]. Значення коефіцієнта для кожного фактора відповідає внеску даного чинника в параметр оптимізації при переході фактора з нульового рівня на верхній або нижній. Значущість коефіцієнтів регресії перевірено за допомогою критерію Стьюдента t_R . Відомо, якщо $t_R > t_T$, то гіпотеза про значущість коефіцієнтів регресії не відкидається. Для довжини нитки у петлі коефіцієнти b_1 та b_2 значущі, а b_{12} не є значущим, тому відкидається ($t_R\{b_{12}\} = 0,023$ при табличному значенні $t_T [P_{\sigma}=0,95; f=4(5-1)=16] = 2,776$) [5]. Таким чином, регресійна багатофакторна модель для довжини нитки у петлі у кодованому вигляді: $Y_1 = 7,509 + 0,745X_1 + 0,265X_2$, у натуральному – $y_L = 1,605 + 1,49h + 0,053c$. Адекватність одержаної моделі перевірено за допомогою критерію Фішера. Для довжини нитки у петлі $F_R = 0,25$. За [3] $F_T [P_{\sigma}=0,95; f_1=4(5-1)=16; f_2=4-3=1] = 4,49$, що свідчить про адекватність моделі.

Досліджено також вплив параметрів в'язання на параметри структури трикотажу, такі як кількість петельних стовпчиків та рядів в 100 мм трикотажу та поверхнева густина. Аналогічним методом встановлено наступні математичні залежності у кодованому вираженні. Саме коефіцієнти в кодованих рівняннях за величиною і знаками дають змогу судити про силу і характер впливу факторів на параметри оптимізації:

$$Y_{Nc} = 52,5 - 2,5X_1 \quad (1)$$

$$Y_{Np} = 65,5 - 15X_1 - 3X_2 - 1,5X_1X_2 \quad (2)$$

$$Y_{Ms} = 387,63 - 48,26X_1 - 3,47X_1X_2 \quad (3)$$

У натуральному вираженні параметри структури трикотажу визначаються за формулами:

$$y_{Nc} = 68,4 - 5h \quad (4)$$

$$y_{Np} = 314,02 - 74h - 6,96c + 2hc \quad (5)$$

$$y_{Ms} = 597,46 + 65,98h - 1,39hc + 4,41c \quad (6)$$

За результатами досліджень здійснена графічна інтерпретація математичних залежностей за допомогою системи комп'ютерної математики Maple, що представлена на рис. 1.

Розривальне зусилля та видовження дослідних зразків трикотажу встановлено за допомогою розривної машини марки AVK, тип SZKG-2 (Угорщина) у відповідності до ГОСТ 8847-75 [4]. Величина розривального навантаження трикотажу вдовж петельних стовпчиків склала від 3292 Н до 3600 Н, розривального видовження – від 49 до 55%, що свідчить про високі показники міцності розроблених зразків трикотажу. Для оцінки стійкості трикотажу до порізу використано розривну машину маятникового типу згідно ГОСТ 28840 [6] з постійною швидкістю опускання нижнього затискача. Пристосування для визначення опору порізу складається з площадки для кріплення елементарної проби за допомогою гвинтів і ріжучої частини, які закріплюють відповідно на місці нижнього і верхнього затискачів розривної машини. У якості ріжучого елемента використано лезо, яке закріплено під кутом 45 градусів до поверхні проби (рис. 2). Фіксацію навантаження виконували за шкалою розривної машини при появі наскрізного порізу. На підставі одержаного значення навантаження розраховано опір до прорізування Π , Н/мм ($\Pi = P/B$, де P – навантаження при прорізуванні, Н, B – товщина проби, мм) [7].

Величина опору до порізу зразків трикотажу склала від 54,4 до 59,8 Н/мм, що характеризує трикотаж як текстильний матеріал з високими показниками стійкості до порізу гострими предметами.

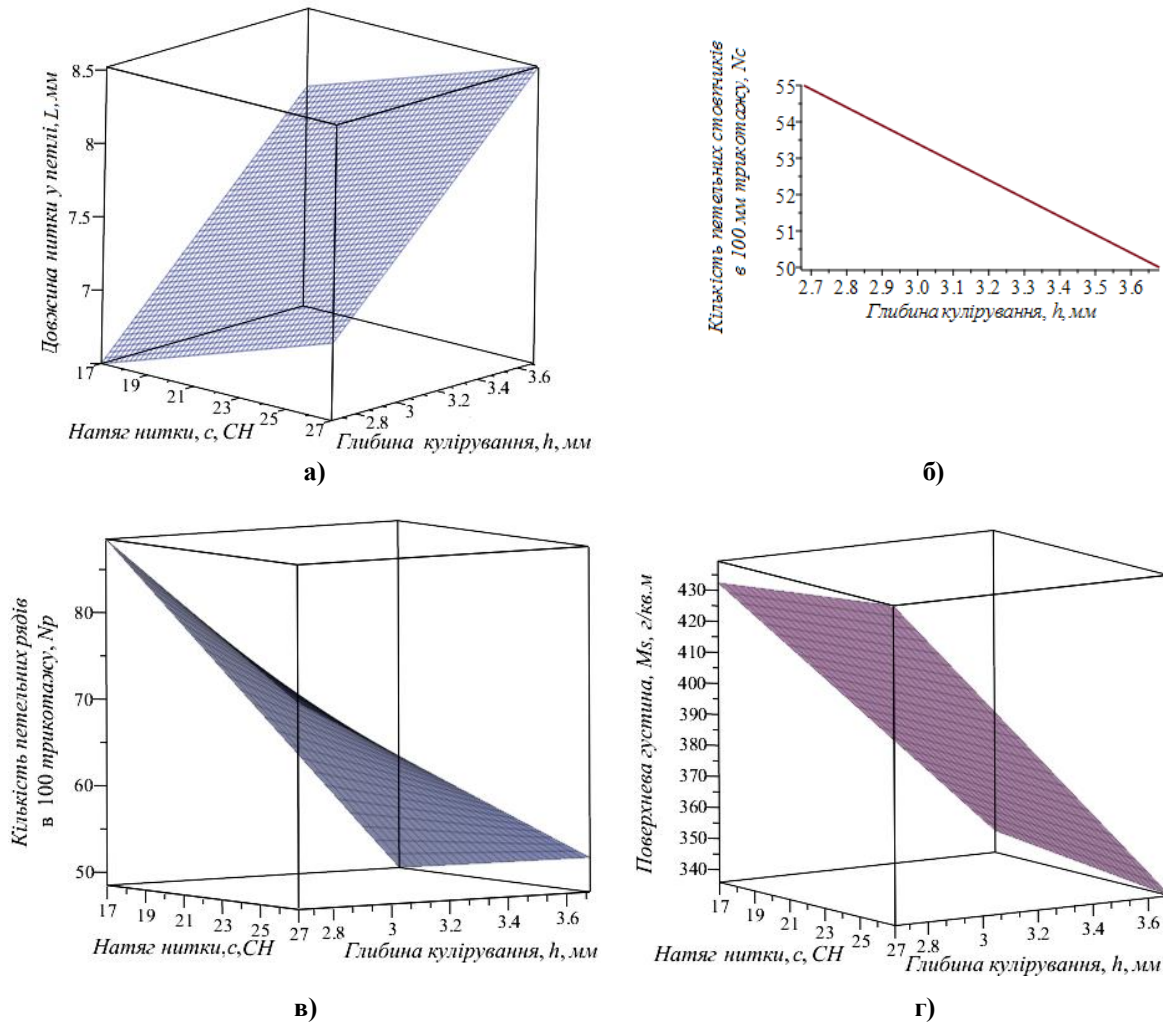


Рис. 1. Графічні зображення залежностей параметрів структури трикотажу від глибини кулірування та натягу нитки (у натуральних значеннях) – а) довжини нитки у петлі L ; б) кількості петельних стовпчиків в 100 мм трикотажу N_c ; в) кількості петельних рядів в 100 мм трикотажу N_p ; г) поверхневої густини трикотажу M_s .



Рис. 2. Дослідження стійкості трикотажу до порізу

Висновки

У результаті аналізу проведеного повного двофакторного експерименту встановлені математичні регресійні залежності, що адекватно описують досліджуваний процес. Виявлено, що на довжину нитки у петлі ступінь впливу глибини кулірування в 3 рази вищий ніж вхідний натяг нитки. На щільність по горизонталі має вплив лише глибина кулірування. Більш суттєвим виявився вплив глибини кулірування на щільність по вертикалі, а саме у 5 разів більший ніж вплив вхідного натягу нитки. Крім того, впливовою виявилася також взаємодія обраних нами факторів. На поверхневу густину впливовою є глибина кулірування та не у значній мірі ефект взаємодії обраних факторів.

Отже, для двофонтурних плосков'язальних машин з наявністю платин основним чинником, що впливає на зміну структурних характеристик трикотажу, є глибина кулірування, що дозволяє в широких діапазонах регулювати необхідні параметри захисних виробів і прогнозувати їх властивості.

З метою оцінки стійкості до механічних впливів досліджено розривальне зусилля по лінії петельного стовпчика та розривальне видовження, стійкість до порізу розроблених зразків трикотажу. Результати досліджень показали високі показники міцності та стійкості до порізу, що дає змогу рекомендувати їх до виготовлення захисних трикотажних виробів від механічних ушкоджень різних асортиментних груп.

Список використаної літератури

1. Боброва С.Ю. Розробка балістичних трикотажних полотен для виготовлення засобів бронезахисту / С.Ю. Боброва, Л.Є. Галавська // Вісник КНУТД. – 2015. – №3(86), – С.114-120.
2. Боброва С.Ю. Розробка трикотажу для захисту рук від механічних небезпек / С.Ю. Боброва // Вісник Хмельницького національного університету. – 2018. – №5(265), – С.242-246.
3. Далидович А.С. Основы теории вязания / А.С. Далидович. – М.: Легкая индустрия, 1970. – 431с.
4. Гарбарук В.Н. Проектирование трикотажных машин / В.Н. Гарбарук. – Л.: Машиностроение, 1980. – 472 с.
5. Ключко О.І. Дослідження у трикотажній галузі. Навчальний посібник / О.І. Ключко. – К.: КНУТД, 2006. – 190 с.
6. ГОСТ 8847-85. Полотна трикотажные. Метод определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках меньше разрывных. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 12 с.
7. ГОСТ 28840-90. Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 6 с.
8. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты рук, одежда специальная и материалы для их изготовления. Методы определения сопротивления порезу: ГОСТ 12.4.141-99. – [Чинний від 2003-01-07]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 6 с. – (Межгосударственный стандарт).