

Определяне на обема на извадката при измерване на геометричните характеристики на нишки и тъкани чрез микроскопиране

Диана Германова-Кръстева, Росица Стефанова

С помощта система на фирма Motic (Германия), включваща стереомикроскоп, цифрова камера и софтуер за заснемане и измерване на геометричните размери на изображенията са направени дигитални снимки на 12 броя тъкани. Измерени са диаметрите на основните и на вътъчните нишки, както и разстоянията между тях. Определени са необходимите обеми на извадката за получаване на желана точност на резултатите.

Ключови думи: неразрушителен анализ, микроскопиране, геометрични характеристики на нишки и тъкани, обем на извадката, доверителна грешка

Definition of the sample size by microscopic measuring the geometric characteristics of threads and fabrics

Diana Germanova-Krasteva, Rositsa Stefanova

With a system of Motic (Germany), including a stereomicroscope, a digital camera, and software for capturing and measuring geometric image sizes, digital images of 12 fabrics were obtained. The diameters of the warp and weft threads, as well as the distances between them, were measured. The required sample sizes are determined to obtain a desired accuracy of the results.

Keywords: non-destructive analysis, microscopy, geometry of threads and fabrics, sample size, confidence level

Въведение

В последните години, с масовото навлизане на компютърната техника, все по-широко приложение в различни области намират софтуерните продукти за заснемане на обекти и обработка на видеоизображенията им.

В областта на текстилните изпитвания този метод за измерване не е стандартизиран, но поради неразрушителния си характер се използва все по-често, още повече, че дава възможност да се измерят и геометрични характеристики, които по класическите методи на изпитване не могат да бъдат определени или се определят трудно, например площ на порите [3], параметри на нагъване на нишките при вработване, размери и наклон на примките на хавлиените тъкани [4-6], големина и форма на напречното сечение на нишките [7], геометрични и структурни промени при деформация [8] и т.н.

В зависимост от целта на изследването, към точността на определяните характеристики могат да се поставят различни изисквания. Понякога е достатъчно ориентировъчно определяне на характеристиките, в други случаи те трябва да бъдат определени с висока точност.

Точността на получените резултатите зависи както от точността на уреда, така и от редица грешки, които се допускат при измерване – случайни, груби и систематични [9].

При работа с микроскоп, точността на уреда се определя от разделителната способност на обектива δ [9]:

$$\delta = \frac{\lambda}{A}, \quad (1)$$

където λ е дължината на светлинната вълна, μm ;

A – числената апертура.

При работа със случайни величини, каквито са свойствата на текстилните материали, основната грешка, която се допуска, е статистическата грешка. Тя е резултат от факта, че се изпитва само част от генералната съвкупност, т. нар. извадка.

Математическата статистика ни дава възможност да оценим тази грешка, като се изчислява т.нар. доверителен интервал [10], показващ интервала на разсейване на статистическата оценка при избрана от нас доверителна вероятност (в текстилната практика най-често 95%).

Доверителният интервал на средната стойност се формира с помощта на доверителната грешка, чиято абсолютна стойност се изчислява като:

$$q = \frac{t_T \cdot S}{\sqrt{n}}, \quad (2)$$

където t_T е табулираната стойност на разпределението на Стюdent при ниво на значимост $\alpha = 0,05$, респ. доверителна вероятност $\gamma = 0,95$, и при степени на свобода $df = n - 1$;

n – броят на проведените опити;

S – средноквадратичното отклонение, определено на базата на проведените n на брой опити.

Доверителна грешка може да бъде изчислена и като процент от средната стойност:

$$p = \frac{q}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{t_T \cdot v}{\sqrt{n}}, \quad (3)$$

където \bar{x} е средната стойност от проведените n на брой опити;

$$v = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 \text{ – вариационният коефициент.} \quad (4)$$

Поради относителния си характер, процентната доверителна грешка се използва често, особено в случаите, при които необходимият брой опити за изпитване се определя на базата на зададена максимална допустима грешка p_{max} . Например, при изпитване на здравината на прежди максималната допустима грешка обикновено е $p_{max} = 2 \div 3\%$. За показател като сук на преждата, тази стойност е $p_{max} = 5 \div 6\%$.

Оттук, съгласно зависимост (3), се определя и минималният брой изпитвания за гарантиране получаването на процентна доверителна грешка под допустимата:

$$n_{min} = \left(\frac{t_T \cdot v}{p_{max}} \right)^2. \quad (5)$$

Този подход ни позволява, след като направим относително по-малък брой измервания, да определим общия обем на извадката и след това само да допълним изпитването.

Цел на изследването

Целта е да се определи обема на извадката при измерване чрез микроскопиране на следните геометрични характеристики на нишки и тъкани – диаметър на основните и вътъчните нишки и гъстина на нишките в основно и вътъчно направление.

За постигане на целта са изпълнени следните задачи:

1. Избрани са групи тъкани с различен състав на влакната, респ. различна степен на разсейване на показателя „диаметър на нишката“ – естествени и химични, естествени от растителен и от животински произход, смес на естествени с химични влакна.
2. Чрез микроскопиране са измерени диаметрите на основните и на вътъчните нишки, както и разстоянията между тях, а от получените разстояния са калкулирани гъстините на нишките в бр.н./dm.

3. Определени са минималните обеми на извадките за гарантиране на процентна доверителна грешка в размер на 2, 3, 5 и 10% при измерване на диаметрите и гъстините на нишките.
4. Въз основа на направения анализ са дадени препоръки за работа.

Експериментална част

Изследванията са проведени с 4 групи тъкани:

- от естествени растителни материали - 100% П;
- от смес на естествени с химични влакна - П/ПЕ 50/50;
- от химични влакна и коприни – 100% ПЕ и 100% ВИ;
- от естествени животински влакна – 100% В.

Площните маси са определени от 3 проби с размери 10 x 10 cm, съгласно БДС EN 12127:2000 Материали текстилни. Платове. Определяне масата на единица площ, чрез използване на малки проби [11].

Гъстините на нишките са определени чрез изнищване на 5 cm от тъканта, съгласно БДС EN 1049-2:2002 Текстил. Тъкани платове. Конструкция. Методи за анализ. Част 2: Определяне броя на нишките на единица дължина (ISO 7211-2:1984). За определяне на гъстината на нишките в основно направление са направени по 3 измервания, а за вътъчно направление – 5.

В Таблица 1 са обобщени данните от измерванията, като получените средни стойности са закръглени до цяло число.

Таблица 1

Характеристики на изследваните тъкани

№	Състав	Площна маса, g/m ²	Гъстина на основните нишки, н./dm	Гъстина на вътъчните нишки, н./dm
1.1	100% П	115	225	195
1.2		225	330	140
1.3		200	500	280
2.1	П/ПЕ 50/50	115	300	280
2.2		164	400	330
2.3		175	320	300
3.1	100% ВИ	90	380	180
3.2	100% ПЕ	240	360	280
3.3	100% ВИ	240	600	180
4.1	100% В	200	280	260
4.2		250	180	160
4.3		170	320	280

За извършване на микроскопските измервания е използван бинокулярен микроскоп Moticam 2300 на фирма Motic (Германия), комплектуван с 3,2 Мрiх камера (Фиг. 1) и софтуер Motic Images Plus 2.0 за заснемане и измерване на геометрични размери на изображенията (Фиг. 2).

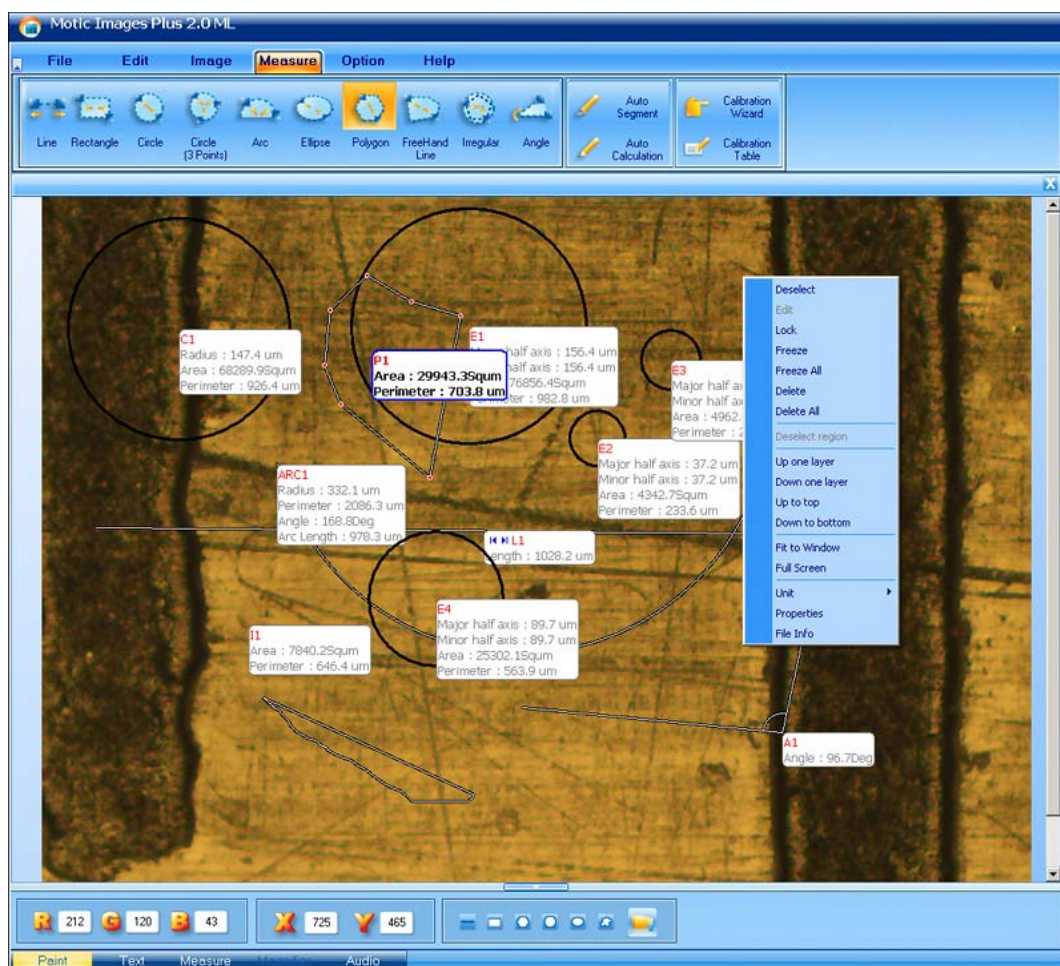
Микроскопът дава възможност за избор между следните степени на увеличение: 0,75x, 1x, 2x, 3x, 4x и 5x. Камерата има вградено увеличение 3,6x, което осигурява общо увеличение в границите на 2,7x до 18x.

За заснемане на тъканите структури са използвани увеличения, най-често в границите на 7,2x до 14x, в зависимост от гъстината на нишките и диаметрите.

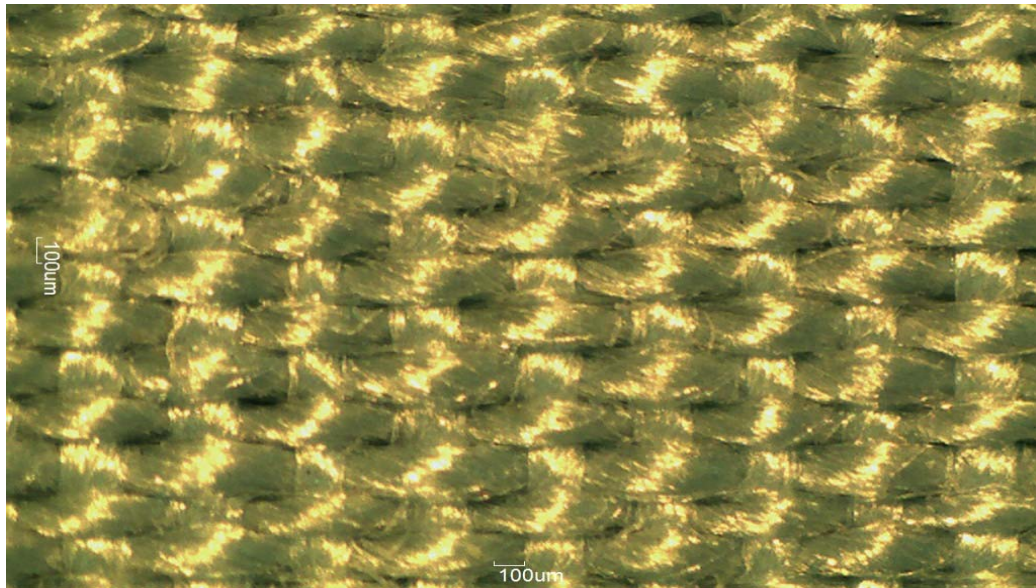
Първоначално са извършени по 20 измервания за всяка една от изследваните характеристики, като общият вид на едно микроскопско измерване е представен на Фиг. 3.



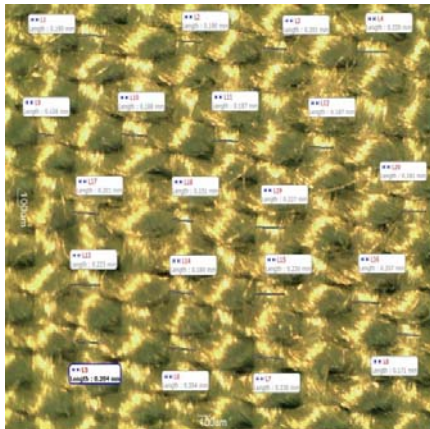
Фиг. 1 Общ вид на бинокулярен микроскоп и камера Moticam 2300



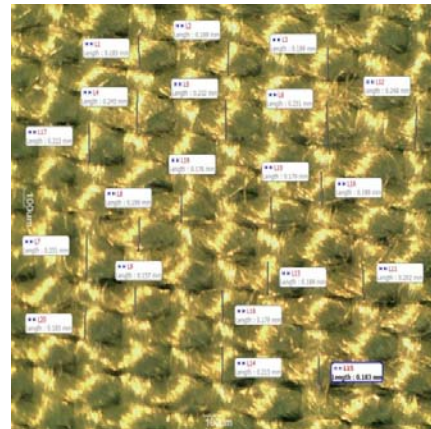
Фиг. 2 Общ вид на модула за измерване на софтуерния продукт Motic Images Plus 2.0



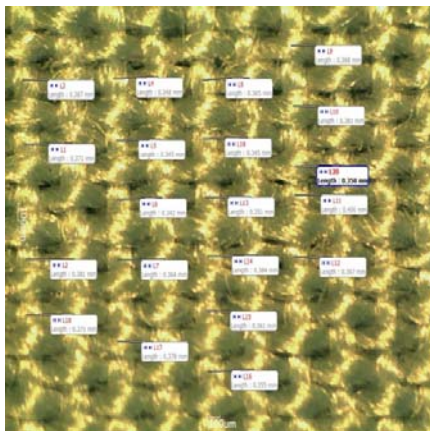
а) Общ вид на тъканта



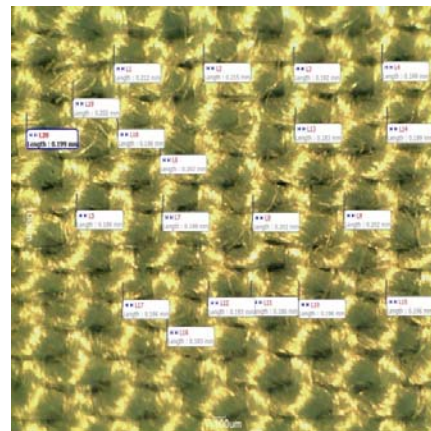
б) Измерване диаметра на основните нишки



в) Измерване диаметра на вътъчните нишки



г) Измерване на междусевите разстояния между основните нишки



д) Измерване на междусевите разстояния между вътъчните нишки

Фиг. 1 Общ вид на микроскопското измерване (Тъкан 2.1)

Получените стойности са експортирани към файлове в Excel, където са определени следните статистически оценки за измерваните показатели – средна стойност \bar{x} , вариационен коефициент v и процентна доверителна грешка p .

От измерените междусеви разстояния l в mm са преизчислени гъстините на нишките P в бр.н./dm:

$$P = \frac{100}{l}. \quad (7)$$

Резултатите са обобщени в Таблица 2.

Таблица 2

Резултати от микроскопските изследвания

Оценка	Диаметър на основните нишки, mm	Диаметър на вътъчните нишки, mm	Междусево разстояние основни нишки, mm	Междусево разстояние вътъчни нишки, mm	Гъстина на основните нишки, н./dm	Гъстина на вътъчните нишки, н./dm
Тъкан 1.1						
\bar{x}	0,24	0,25	0,482	0,496	207	202
v	10,17	18,16	4,24	5,84		
p	4,76	8,50	1,99	2,73		
Тъкан 1.2						
\bar{x}	0,28	0,33	0,287	0,522	348	192
v	15,93	19,03	5,64	8,97		
p	7,45	8,91	2,64	4,20		
Тъкан 1.3						
\bar{x}	0,17	0,24	0,245	0,381	408	262
v	6,13	14,78	10,31	13,13		
p	2,87	6,92	4,82	6,15		
Тъкан 2.1						
\bar{x}	0,14	0,15	0,326	0,366	307	273
v	13,13	14,18	4,28	4,28		
p	6,22	6,63	2,00	2,00		
Тъкан 2.2						
\bar{x}	0,19	0,20	0,204	0,264	490	379
v	14,90	15,36	11,17	10,36		
p	6,97	7,19	5,23	4,85		
Тъкан 2.3						
\bar{x}	0,16	0,26	0,294	0,354	340	282
v	11,71	12,41	12,81	9,11		

Оценка	Диаметър на основните нишки, mm	Диаметър на вътъчните нишки, mm	Междусево разстояние основни нишки, mm	Междусево разстояние вътъчни нишки, mm	Гъстина на основните нишки, н./dm	Гъстина на вътъчните нишки, н./dm
ρ	5,48	5,81	5,99	4,27		
Тъкан 3.1						
\bar{x}	0,135	0,17	0,253	0,565	395	177
v	8,76	5,41	4,38	10,97		
ρ	4,10	2,53	2,05	5,14		
Тъкан 3.2						
\bar{x}	0,26	0,33	0,212	0,361	472	277
v	3,41	8,34	3,26	8,33		
ρ	1,60	3,90	1,53	3,90		
Тъкан 3.3						
\bar{x}	0,2	0,32	0,175	0,526	571	190
v	7,25	8,15	5,17	6,27		
ρ	3,39	4,45	2,42	2,93		
Тъкан 4.1						
\bar{x}	0,28	0,3	0,325	0,411	308	243
v	12,46	18,41	3,95	18,17		
ρ	5,83	8,62	1,85	8,50		
Тъкан 4.2						
\bar{x}	0,32	0,38	0,529	0,619	189	162
v	16,73	20,90	4,35	15,07		
ρ	7,83	9,78	2,04	7,05		
Тъкан 4.3						
\bar{x}	0,21	0,22	0,299	0,325	334	308
v	5,42	7,15	5,07	8,18		
ρ	2,54	3,35	2,37	3,83		

За гъстините на нишките статистически оценки не са определяни, тъй като те са преизчислени от измерените междусеви разстояния и съотв. имат същите относителни оценки – вариационни коефициенти и процентни доверителни грешки.

Съгласно формула (5) са определени минималните обеми на извадките за получаване на доверителна грешка, по-малка от 2, 3, 5 и 10%. За всеки показател получените стойности са усреднени по групи тъкани.

Резултатите са обобщени в Таблица 3.

Таблица 3

Минимален брой опити за осигуряване на доверителна грешка, по-малка от p_{max}

X-ка	Диаметър на основни нишки				Диаметър на вътъчни нишки				Гъстина на основни нишки				Гъстина на вътъчни нишки			
	$p_{max}, \%$	2	3	5	10	2	3	5	10	2	3	5	10	2	3	5
Тъкани от 100%П																
n_{min}	144	64	23	6	332	148	53	13	57	25	9	2	105	47	17	4
Тъкани от П/ПЕ 50/50																
n_{min}	194	86	31	8	216	96	35	9	112	50	18	4	76	34	12	3
Тъкани от ХВ																
n_{min}	51	23	8	2	60	27	10	2	21	9	3	1	84	37	13	3
Тъкани от 100% В																
n_{min}	170	75	27	7	302	134	48	12	22	10	4	1	228	101	36	9

Анализ на получените резултати

Резултатите ясно показват, че природата на влакната и тяхната неравномерност оказват влияние върху неравномерността по диаметър на нишките и гъстините. Логично, най-малко разсейване, респ. най-малък брой опити е необходим при определянето им за тъкани от 100% химични влакна, а най-голям – при естествените влакна от животински произход (100% В). По-малко е разсейването и съотв. по-малък брой опити е необходим за естествените влакна от растителен произход (100% П). Материалите от смес П/ПЕ заемат междинно място между тези от 100% П и 100% ХВ.

Ако разделим нивата на точност на измерване на характеристиките на: грубо определяне ($p_{max} = 10\%$), средноточно ($p_{max} = 5\%$), точно ($p_{max} = 3\%$) и свръхточно ($p_{max} = 2\%$), се вижда, че за средноточно определяне на диаметъра на нишките са необходими между 8 и 53 измервания, което е една извадка с нормален обем. Повишаването на точността до 3% води до почти трикратно повишаване на броя на опитите. Минималното повишаване на точността (с още 1%) до ниво свръхточност ($p_{max} = 2\%$) води до над два пъти увеличаване на броя на опитите. В някои случаи, като определяне на диаметър на вътъчни нишки от естествени влакна, необходимият брой на опитите надхвърля 300.

Друга закономерност, която се наблюдава, е, че разсейването на вътъчните нишки по диаметър е по-голямо от това на основните. Причината е, че при тъкане и формиране на тъкачна структура те се деформират повече, тъй като са по-слабо усукани и имат по-голям коефициент на вработване. При определяне на диаметъра на вътъчната нишка чрез микроскопиране за получаване на средна стойност с еднаква точност са необходими средно два пъти повече опити, отколкото при основните.

По отношение на измерванията за определяне на гъстините на нишките в основно и вътъчно направление, очевидно е, че това са показатели, които се разсейват значително по-малко и следователно се нуждаят от по-малко наблюдения.

За гарантиране получаването на съответните максимално допустими грешки са необходими средно три пъти по-малко опити в сравнение с тези за определяне на диаметъра на нишките. Впечатление прави, че са налице същите закономерности, които се наблюдават и при диаметрите на нишките по отношение на влиянието на състава на нишките, вида (основни или вътъчни) и градиента на нарастване на броя на опитите при повишаване на точността.

Заклучение

Проведено е изследване, което позволява да се направят точни препоръки по отношение на обема на извадката за определяне на диаметър и гъстина на нишките чрез микроскопиране на тъкана проба (Таблица 3). Направени са калкулации за 4 нива на точност, с отчитане на вида на показателя, вида на нишката и състава ѝ.

Препоръките могат да бъдат обобщени по следния начин: за гарантиране на средноточно ($p_{max} = 5\%$) определяне на диаметъра на основни нишки са необходими минимум 30 измервания, а за вътъчни – 50; за гъстина на нишките в основно направление – 20 измервания на междуосевите разстояния, а за вътъчно направление – 40.

Литература

- 1.БДС EN 1049-2:2002 Текстил. Тъкани платове. Конструкция. Методи за анализ. Част 2: Определяне броя на нишките на единица дължина (ISO 7211-2:1984).
- 2.ISO 7211-5:1984 Textiles - Woven fabrics - Construction - Methods of analysis - Part 5: Determination of linear density of yarn removed from fabric.
- 3.Angelova, R.A., Determination of the pore size of woven structures through image analysis, Central European Journal of Engineering, Vol. 2 (2012), Iss. 1, pp. 129-135.
- 4.Nikolov N., D. Germanova-Krasteva, G. Kandzhikova. Development of a 3D Model of Terry Fabric, International Journal of Clothing Science and Technology, Vol. 24 (2012), Iss. 4, pp. 237-250.
- 5.Николов Н., Д. Германова-Кръстева. Метод за компютърно моделиране на поведението на хавлиени тъкани при компресия, Общотекстилна конференция 2014 „Иновации в текстила и облеклото“, Сборник доклади, том I, стр. 142-157.
- 6.Nikolov N., D. Germanova-Krasteva, Some Problems in Simulation Modeling of Terry Fabrics, Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology, Vol. 1 (2014), Iss. 5, pp. 348-363.
- 7.Afrashteh S. et al., Geometrical parameters of yarn cross-section in plain woven fabric, Indian Journal of Fibre & Textile Research, Vol. 38, June 2013, pp. 126-131.
- 8.Chang S.H. et al., Microscopic investigation of tow geometry of a dry satin weave fabric during deformation, Composites Science and Technology, Vol. 63 (2003), Iss. 1, pp. 99–111.
- 9.Митова Б., Д. Германова-Кръстева. Ръководство за лабораторни упражнения по текстилни изпитвания, Печатна база на ТУ-София, 1995.
- 10.Германова-Кръстева Д., Учебник по Текстилни изпитвания и анализ, Издателство на Технически университет-София, С., 2012.
- 11.БДС EN 12127:2000 Материали текстилни. Платове. Определяне масата на единица площ, чрез използване на малки проби.

проф. д-р Диана Германова-Кръстева, ТУ–София, катедра „Текстилна техника“, тел. 02 965 36 29, e-mail: dianakra@tu-sofia.bg

маг. инж. Росица Стефанова, ТУ–София, катедра „Текстилна техника“, e-mail: rstv@mail.com