

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ГЕОМЕТРИЧНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА НИШКИ И ТЪКАНИ ЧРЕЗ МИКРОСКОПИРАНЕ

проф. д-р инж. Диана Германова-Кръстева, маг. инж. Росица Стефанова
катедра „Текстилна техника“, Технически университет - София
e-mail: dianakra@tu-sofia.bg, rstv@mail.com

РЕЗЮМЕ

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 4 групи тъкани - от 100% П, от П/ПЕ 50/50, от 100% ХВ (химични влакна) и от 100% В. За всяка група тъкани са избрани по 3 представителя.

Измерени са диаметрите на основните и на вътъчните нишки, както и разстоянията между тях. От разстоянията между нишките са изчислени гъстините. По гравиметричен метод са определени линейните плътности на нишките, а по емпиричен път са изчислени разчетните диаметри.

Определени са относителните отклонения между резултатите, получени по стандартизираните методи и чрез микроскопиране. Направен е анализ на причините за установените разлики.

Извършен е статистически анализ и са изведени зависимости, даващи възможност за преизчисляване на резултатите, получени по различните методи.

Ключови думи: *неразрушителен анализ, микроскопиране, диаметър на нишки, гъстини на нишки в тъканта*

DETERMINATION OF THE GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF THREADS AND FABRICS THROUGH MICROSCOPIC MEASURING

Prof. Diana Germanova-Krasteva, PhD, Eng. Rositsa Stefanova, MSc.

Technical University of Sofia, Department of Textile Engineering

e-mail: dianakra@tu-sofia.bg, rstv@mail.com

ABSTRACT

With a system of Motic (Germany) including a stereomicroscope, a digital camera, and software for capturing and measuring geometric dimensions, digital images of four groups of fabrics were made – from 100% Cotton, from blend Cotton/Polyester 50/50, from chemical fibers (100% PES and 100% Rayon) and 100% Wool. For each group, 3 representatives were selected.

The diameters of the warp and weft threads, as well as the distances between them, were measured. From the distances, the threads' densities were calculated. By the gravimetric method the counts of the threads are determined and the diameters were calculated empirically.

The relative deviations between the results obtained by the standardized methods and by microscopy were determined. An analysis of the reasons for the differences was made.

A statistical analysis has been carried out and dependencies have been derived that allow a recalculation of results obtained by different methods.

Keywords: *non-destructive analysis, microscopy, diameter of threads, threads' densities in the weave*

ВЪВЕДЕНИЕ

Геометричните характеристики на тъканите и на изграждащите ги нишки са основни параметри на текстилните материали, определящи тяхната структура, якостни и физични свойства. Те са обект както на проектиране, така и на последващо изследване и контрол. Често тяхното определяне е част от т. нар. анализ на мостри и за измерването им са създадени стандартизирани методи, заложи в БДС EN 1049-2:2002 [1], ISO 7211-5:1984 [2] и др.

В последните години, с масовото навлизане на компютърната техника, все по-широко приложение, вкл. и в областта на текстилните изпитвания, намират софтуерните продукти за заснемане на обекти и обработка на видео-изображенията им.

Този метод на 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], големината и форма на напречното сечение на нишките [7], геометрични и структурни промени при деформация [8] и т.н.

Измерването на геометричните характеристики на нишките във втъкано състояние неизбежно води до получаването на различни резултати от измерването в свободно състояние, главно поради деформацията на нишките при прекръстосването им, но също така и поради завласеността на нишките, резултат от триенето помежду им и с частите на тъкачната машина (нишководачи, бърдо и т.н.).

Целта на настоящето изследване е да се установи големината на отклоненията, които се получават при микроскопско измерване на диаметрите на нишките и гъстините във втъкано състояние спрямо измерването им по класически методи като изнищване (за определяне на гъстината на нишките) и гравиметрично определяне на линейната плътност на

нишките и последващо преизчисляване на диаметра им.

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.

За всяка група са подбрани по три представителя - общо 12 вида тъкани.

Площните маси са определени от 3 проби с размери 10x10 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.

Линейната плътност на нишките е определена чрез измерване на дължината и масата на 10 нишки, съгласно ISO 7211-5:1984 Textiles - Woven fabrics - Construction - Methods of analysis - Part 5: Determination of linear density of yarn removed from fabric.

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

В последните две колони са дадени изчислените разчетни диаметри d на нишките. Калкулацията е направена по следната формула:

$$d = \delta \sqrt{\frac{T_l}{1000}} \quad (1)$$

където:

T_l е линейната плътност на нишката, tex;

δ - обемната плътност на нишките, приета за 1,26 g/m³.

Таблица 1
Характеристика на изследваните тъкани

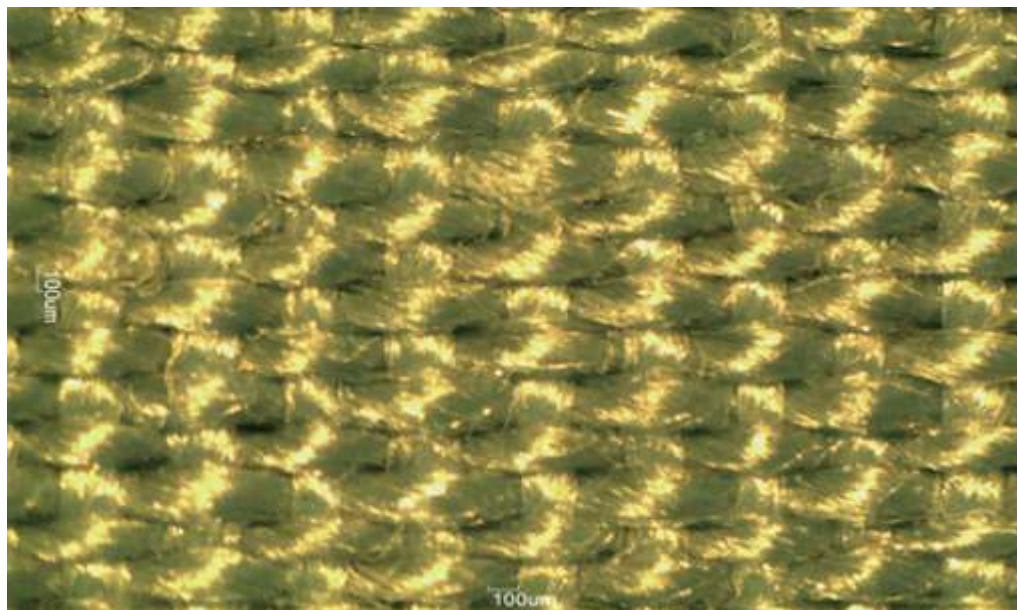
Тъкан №	Състав	Площна маса, g/m ²	Гъстина на основните нишки, n./dm	Гъстина на вътъчните нишки, n./dm	Линейна плътност на основните нишки, tex	Линейна плътност на вътъчните нишки, tex	Разчетен диаметър на основните нишки, mm	Разчетен диаметър на вътъчните нишки, mm
1.1	100% П	115	225	195	25	32	0,20	0,23
1.2		225	330	140	36	55	0,24	0,30
1.3		200	500	280	15	30	0,15	0,22
2.1	П/ПЕ 50/50	115	300	280	13	13	0,14	0,14
2.2		164	400	330	20	20	0,18	0,18
2.3		175	320	300	18	32	0,17	0,23
3.1	100% ВИ	90	380	180	13	13	0,14	0,14
3.2	100% ПЕ	240	360	280	20	50	0,18	0,28
3.3	100% ВИ	240	600	180	20	55	0,18	0,30
4.1	100% В	200	280	260	40	40	0,25	0,25
4.2		250	180	160	60	60	0,31	0,31
4.3		170	320	280	26	28	0,20	0,21

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

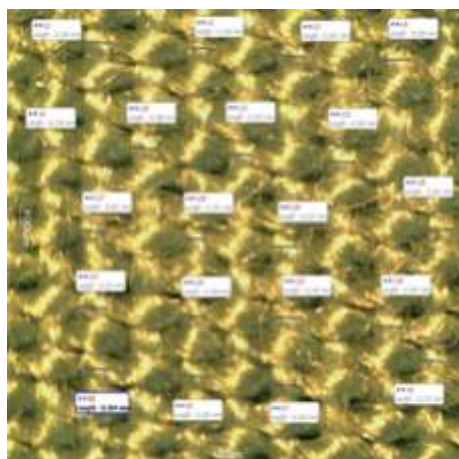
Микроскопът работи със степени на увеличение: 0,75x, 1x, 2x, 3x, 4x и 5x. Камерата има вградено увеличение 3,6x, което осигурява общо увеличение в границите на 2,7x до 18x.

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

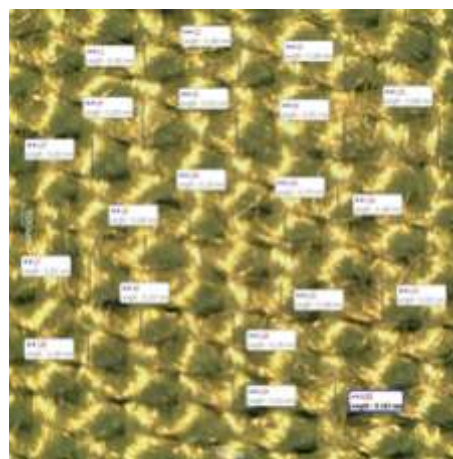
Извършени са по 20 измервания за всяка една от изследваните характеристики, като общият вид на едно микроскопско измерване е представен на *Фигура 1*.



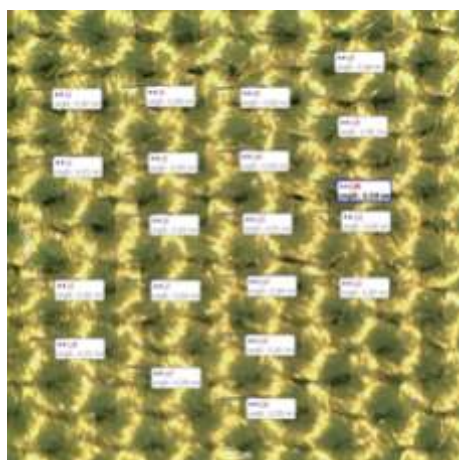
а) общ вид на тъканта



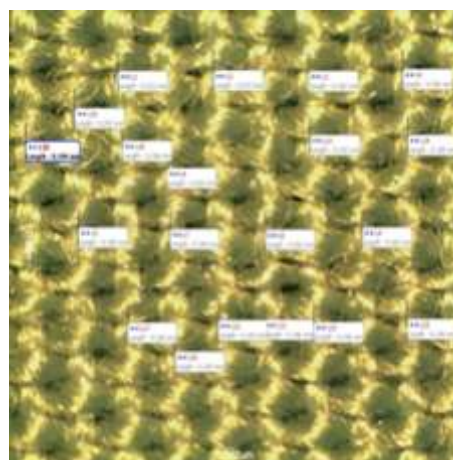
б) измерване диаметъра на основните нишки



в) измерване диаметъра на вътъчните нишки



г) измерване на междусевите разстояния между основните нишки



д) измерване на междусевите разстояния между вътъчните нишки

Фигура 1 Общ вид на микроскопското измерване (Тъкан 2.1)

Получените стойности са експортирани към файлове в Excel, където са определени статистическите оценки на показателите.

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

$$P = \frac{100}{l} \quad (2)$$

Резултатите за средните стойности са обобщени в **Таблица 2**.

Таблица 2
Резултати от микроскопските изследвания

Характеристика	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	0,24	0,25	0,482	0,496	207	202
Тъкан 1.2	0,28	0,33	0,287	0,522	348	192
Тъкан 1.3	0,17	0,24	0,245	0,381	408	262
Тъкан 2.1	0,14	0,15	0,326	0,366	307	273
Тъкан 2.2	0,19	0,20	0,204	0,264	490	379
Тъкан 2.3	0,16	0,26	0,294	0,354	340	282
Тъкан 3.1	0,135	0,17	0,253	0,565	395	177
Тъкан 3.2	0,24	0,33	0,312	0,361	321	277
Тъкан 3.3	0,20	0,32	0,175	0,526	571	190
Тъкан 4.1	0,28	0,3	0,325	0,411	308	243
Тъкан 4.2	0,32	0,38	0,529	0,619	189	162
Тъкан 4.3	0,21	0,22	0,299	0,325	334	308

На **Фигури 2 до 5** е направена графична съпоставка на резултатите, получени от микроскопското изследване и от измерените чрез стандартизираните методи характеристики - диаметри и гъстини на нишки.

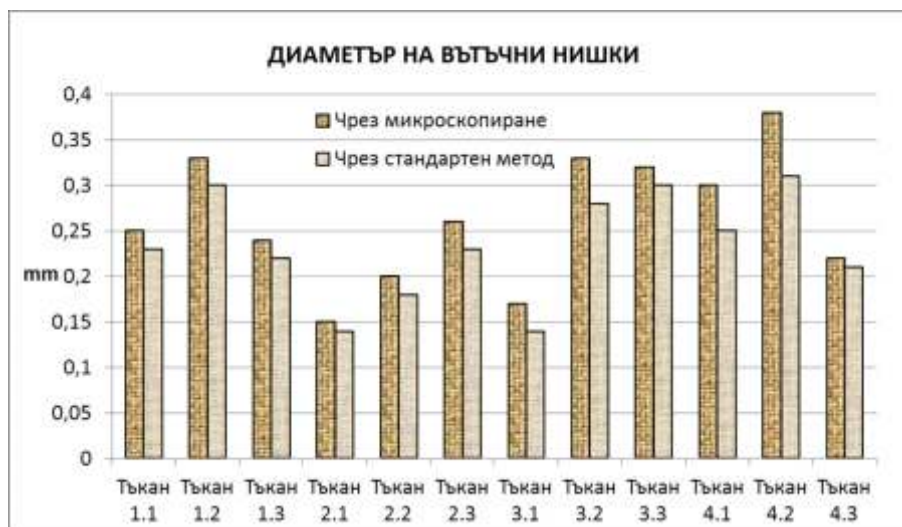
Числено разликите са оценени чрез изчислените относителни отклонения, които са представени в **Таблица 3**.

Резултатите от изследването показват, че средното отклонение в измерените по двата методи диаметри на основните нишки е 9,2%, а

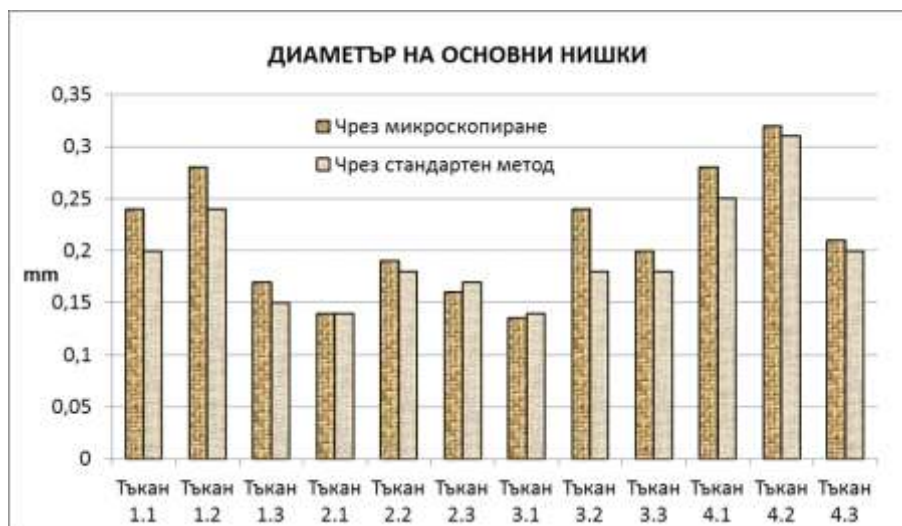
отклоненията са в границите от -3,6 до 33,3%. За вътъчните нишки средното отклонение е 12,7%, а отделните стойности са между 4,8 и 22,6%. Очаквано, измерените чрез микроскопиране диаметри са по-големи от определените чрез измерване на дължината и масата на нишките линейни плътности, преизчислени в диаметри. Причината е деформацията на нишките при огъване, съпроводено с увеличаване на напречните им размери в равнината на тъканта.

По-малките отклонения в диаметрите на основните нишки (9,2%), спрямо тези при вътъчните (12,5%), са следствие от по-плътната

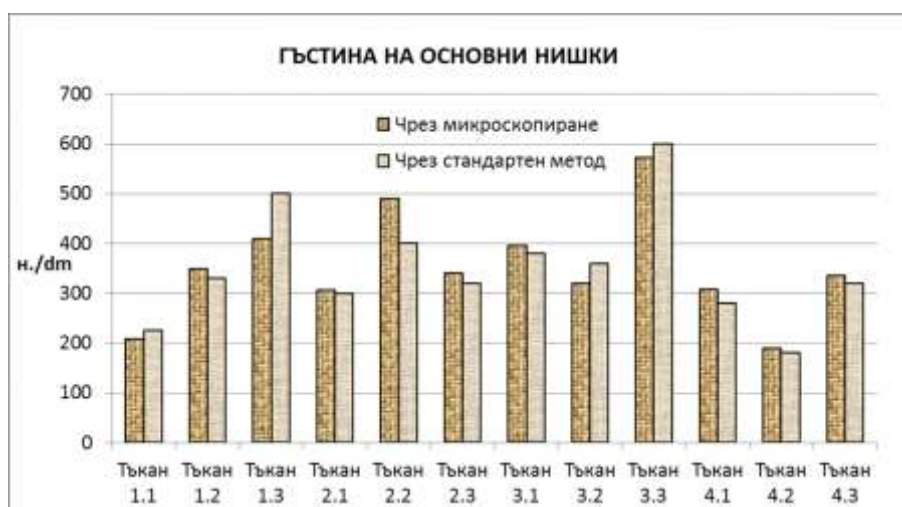
структура на основните нишки, резултат от по-високата интензивност на усукване и по-малката им завласеност.



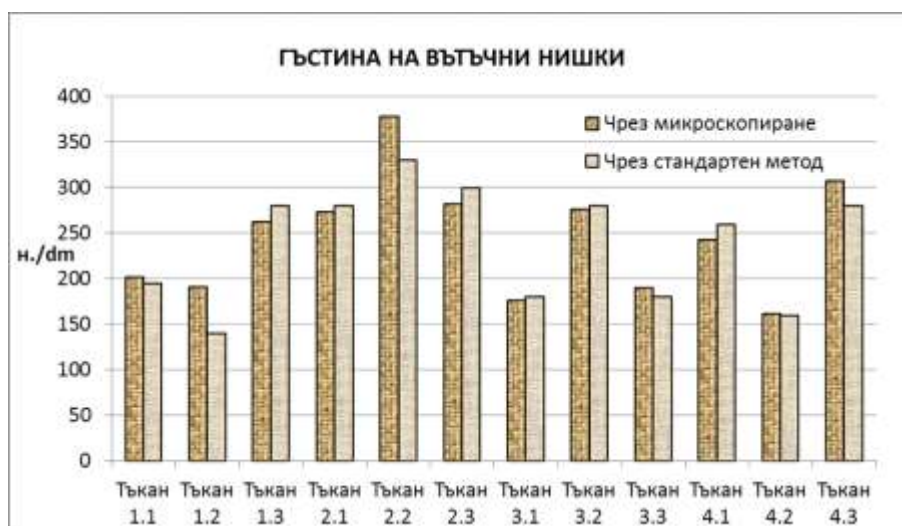
Фигура 2 Съпоставка на диаметрите на основните нишки, определени по двата метода



Фигура 3 Съпоставка на диаметрите на вътъчните нишки, определени по двата метода



Фигура 4 Съпоставка на гъстините на основните нишки, определени по двата метода



Фигура 5 Съпоставка на гъстините на вътъчните нишки, определени по двата метода

По отношение на гъстината на нишките, разликите, които се получават при прилагането на двата метода, са значително по-малки, тъй като са породени единствено от субективното определяне на осите на нишките. Тук отклоненията са разнородни и са значително по-малки

(средно 1,5%) при определяне на гъстината на основните нишки, спрямо тази на вътъчните нишки (средно 4%). Причината е по принцип по-голямата равномерност на разполагане на основните нишки при сноване спрямо вътъкополагането при тъкане.

Таблица 2
Резултати от микроскопските изследвания

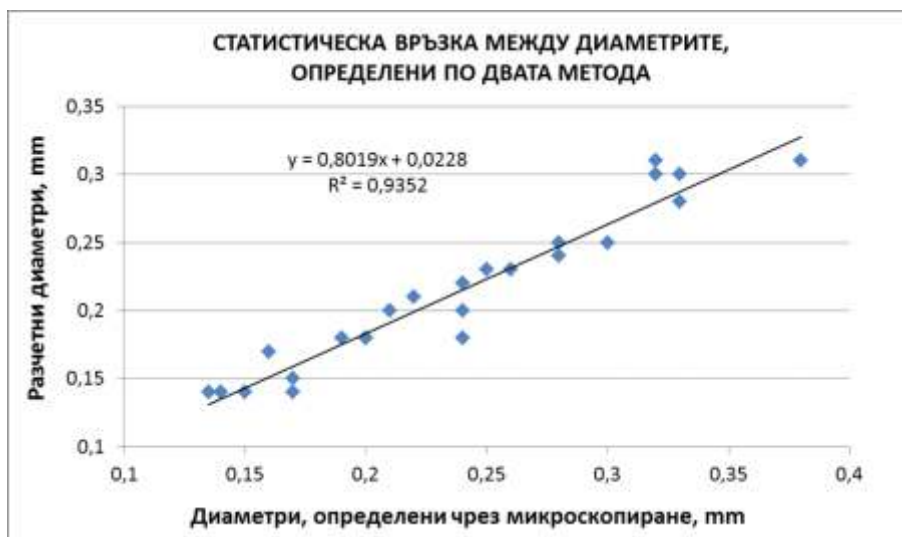
Характеристика	Относително отклонение на диаметъра на основните нишки, %	Относително отклонение на диаметъра на вътъчните нишки, %	Относително отклонение в гъстината на основните нишки, %	Относително отклонение в гъстината на вътъчните нишки, %
Тъкан 1.1	20,0	8,7	-8,0	3,6
Тъкан 1.2	16,7	10,0	5,5	37,1
Тъкан 1.3	13,3	9,1	-18,4	-6,4
Тъкан 2.1	0,0	7,1	2,3	-2,5
Тъкан 2.2	5,6	11,1	22,5	14,8
Тъкан 2.3	-5,9	13,0	6,3	-6,0
Тъкан 3.1	-3,6	21,4	3,9	-1,7
Тъкан 3.2	33,3	17,9	-11,0	-1,1
Тъкан 3.3	11,1	6,7	-4,8	5,6
Тъкан 4.1	12,0	20,0	10,0	-6,5
Тъкан 4.2	3,2	22,6	5,0	1,3
Тъкан 4.3	5,0	4,8	4,4	10,0
Средно	9,2	12,7	1,5	4,0

Потърсени са корелационни и регресионни зависимости между измерените по двата метода показателя - диаметър на нишката (*Фигура 6*) и гъстина на нишките (*Фигура 7*).

Резултатите показват наличието на много силна линейна зависимост между показателите, определени по двата метода. Линейният корелационен коефициент, даващ връзката по отношение на диаметрите на нишките, е $R =$

0,97, а по отношение на гъстините - $R = 0,95$.

Тези стойности позволяват да се изведат линейни уравнения от вида $y = a.x + b$ за преизчисляване на диаметрите и гъстините, определени чрез микроскопиране в диаметри и гъстини, определени по класическите методи. Зависимостите са показани на *Фигура 6* и *Фигура 7*.



Фигура 6 Корелационна и регресионна зависимост между резултатите за диаметри на нишките, получени по двата метода



Фигура 7 Корелационна и регресионна зависимост между резултатите за гъстини на нишките, получени по двата метода

Проверката по отношение влиянието на вида на материала върху големината на разликите в средните стойности на показателите, получени по двата метода, не показва наличие на зависимост. Видът на материала

оказва доказано влияние върху разсейването на резултатите и респ. върху големината на извадката, която трябва да бъде направена за получаване на желана точност, което е показано в друго изследване на авторите [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Извършено е сравнително изследване, което прави анализ на разликите, които се получават при определяне на диаметрите и гъстините на нишките чрез разрушителен и неразрушителен анализ.

По отношение на диаметрите е установено, че при неразрушителен анализ чрез микроскопиране се получават по-високи стойности на диаметрите средно с 11%. Поради по-високата интензивност на усукване и по-голямата компактност, отклоненията са по-ниски при основните нишки (9,2%) и по-високи - при вътъчните (12,7%). Налице е силна статистическа зависимост между диаметрите, определени по двата метода ($R = 0,97$), поради което е изведено и регресионно уравнение за преизчисляване на резултатите.

За определяне на гъстините на нишките чрез микроскопиране са измерени разстоянията между осите, които се преизчислени в гъстини - брой нишки на 10 cm. При това измерване отклоненията спрямо стандартния метод с изнищване са значително по-малки, съотв. 1,5% при гъстините на основните и 4% при гъстините на вътъчните нишки. Отново е установена силна статистическа връзка ($R = 0,95$) и съотв. е изведено регресионно уравнение за преизчисляване на резултатите.

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.
- [12] Германова-Кръстева Д., Р. Стефанова. Определяне на обема на извадката при измерване на геометричните характеристики на нишки и тъкани чрез микроскопиране, XXIII Научна конференция с международно участие ЕМФ 2018, Созопол, 17.09-21.09.2018, Сборник доклади, том II, стр. 357-365.