

## Изпитване на кръглоплетен плат от гладка еднолицева плетка при двумерно многоциклово натоварване на опън в областта на малките опънови сили до гранична сила

Даниела Софронова

**Абстракт:** В настоящия доклад е направено експериментално изследване на механичното поведение на кръглоплетен плат от гладка еднолицева плетка при двумерно многоциклово натоварване на опън в областта на малките опънови сили до гранична сила. Изследванията са извършени на стенд, описан в [4, 5, 6], а в [2] е разгледано натоварване до гранично удължение.

**Ключови думи:** изпитване, двумерно многоциклово натоварване, малки опънови сили, гладка еднолицева плетка, гранична сила

## Experimental Testing the Circular Knitted Fabric of Single Jersey by Biaxial Cycle Loading with Low Tensile Forces to Limit Force

Daniela Sofronova

**Abstract:** In the present work an experimental study of mechanical behavior of weft knitted fabric in single jersey in biaxial cycle tensile load on low stress to the limit force is made. Tests were performed on the device described in [4, 5, 6], and in [2] loading to limit elongation is discussed.

**Key words:** experimental testing, biaxial cycle loading, low stress, single jersey, limit force

### Въведение

Настоящият доклад продължава изследванията на [1, 2], като неговата цел е да се изследване експериментално кръглоплетен плат от гладка еднолицева плетка при двумерно многоциклово натоварване на опън до предварително зададени гранични сили, които от своя страна са близки до тези, възникващи в процеса на експлоатация на облекло от такъв плат.

### Експериментална процедура

#### Материали

Провеждането на експерименталните изследвания са осъществени с кръглоплетен плат от гладка еднолицева плетка с линейна плътност на преждата  $20 \text{ tex}$ . Площната маса на плетения плат е  $157 \text{ g/m}^2$ , дължината на нишката в бримка  $l = 2.8 \text{ mm}$ , линейният модул  $m_l = 22$ , а гъстините по хоризонтала и вертикала са съответно  $P_A = 140 \text{ бр. бр. ст./10 cm}$  и  $P_B = 192 \text{ бр. бр. р./10 cm}$ .

#### Условия на изпитване

Експерименталните изследвания са проведени на специално проектиран и изработен за целта стенд, описан в [4, 5, 6], а теоретично възможните варианти за осъществяване на

двумерно многоциклово натоварване са подборно коментирани в [3]. Броят на проведените опити е 5, а формата на опитните образци е кръстообразна с габаритни размери  $170 \times 170 \text{ mm}$  като от тях  $20 \text{ mm}$  са предвиждат за монтиране на пробата в челюстите на натоварващата система на стенда.

В настоящия доклад ще бъдат разгледан само един вариант на натоварване, а именно, този, при който се прилагат сили на опън едновременно по двете направления до достигане на предварително зададената гранична сила. Измервателната система на стенда е изградена от четири сензори за измерване на сила, по един за всяка от натоварващите оси. Зададената стойност на граничната сила –  $8 \text{ N}$ , представлява сумарната сила на направлението по бримков ред или по бримков стълб и се следи коя от двете е достигната по-рано.

Експериментално изследване на същата плетена структура, но при друг вариант на натоварване, е разгледано в [2].

### Параметри на хистерезисните криви

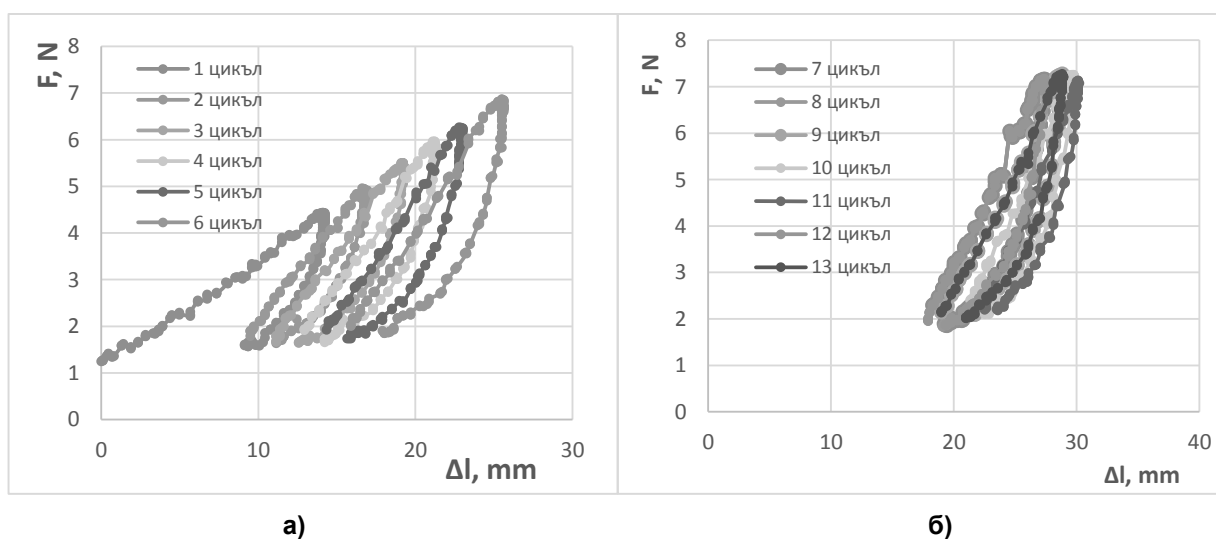
Основните параметри, които могат да бъдат изчислени от хистерезисните криви са описани теоретично в [1]. Тук ще бъдат поместени данни, касаещи графичното представяне на хистерезисните криви и съответното числено изражение на параметрите.

### Резултати

#### А) Хистерезисни криви по бримков ред

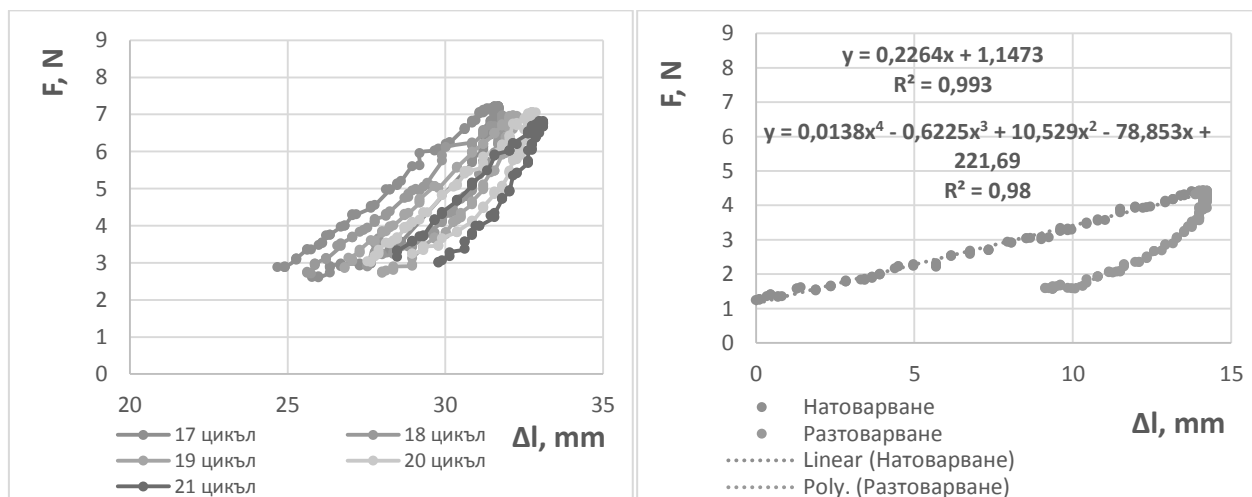
Изменението на хистерезисните криви по направление на бримковите редове до 6-ия и 13-ия цикъл е представено съответно на фиг. 1 а и б, а това от 17÷ 21-ия на фиг.2 а.

Първоначално регистрираната сила по направление на бримковите редове е около  $4 \text{ N}$ , а впоследствие тя нараства до  $7 \text{ N}$  при 6-ия цикъл, което се обяснява от една страна с това, че смяната на посоката на въртене се осъществява след достигнат лимит по едно от двете направления (фиг.2 а и б). Освен това, тъй като се наблюдава значително спадане на силата по бримков ред, то след всеки цикъл нейното нарастване се достига само за сметка на по-голямо удължение.



Фиг. 1 Графика сила-абсолютно удължение при двумерно натоварване до гранична сила по бримков ред, а) до 6-ия цикъл, б) до 13-ия цикъл

На фиг. 2 б е направена апроксимация на кривата на натоварване и разтоварване за 1-ви цикъл. Вижда се, че кривата на натоварване е линейна с висок коефициент на корелация, докато тази при разтоварване е полиномна от четвърта степен. За останалите цикли кривата на натоварване се променя и става също полиномна, но от втора степен.



**Фиг. 2** Графика сила-абсолютно удължение при двумерно натоварване до гранична сила по бримков ред, а) от 17÷21-ия цикъл, б) апроксимация на кривата на натоварване и разтоварване за 1-ви цикъл

Уравненията на кривите при натоварване и разтоварване за отделните цикли са изведени в табл.1.

**Табл. 1** Апроксимационни криви по ред при натоварване и разтоварване за отделните цикли

№ цикъл	Крива натоварване	Крива разтоварване
1-ви	$y = 0.2264x + 1.1473$	$y = 0.0138x^4 - 0.6225x^3 + 10.529x^2 - 78.853x + 221.69$
5-ия	$y = 0.0086x^2 + 0.1906x - 2.5601$	$y = 0.0221x^3 - 1.1852x^2 + 21.329x - 126.72$
10-ия	$y = 0.0094x^2 + 0.1239x - 4.5924$	$y = 0.0197x^3 - 1.4304x^2 + 34.912x - 283.31$
15-ия	$y = 0.0086x^2 + 0.1756x - 6.8591$	$y = 0.0208x^3 - 1.6423x^2 + 43.443x - 382.23$
21-ия	$y = 0.7974x - 19.498$	$y = 0,2338x^2 - 13,583x + 200.23$

За по-добро онагледяване на изчислените параметри от хистерезисните криви по бримков ред, те са поместени в табл. 2, а теоретичното им описване е направено в [1]. Полиномните функции са използвани при изчисляването на енергията посредством уравнения (5 и 6) от [1], вложена съответно при натоварване за достигане на зададеното гранично удължение и при разтоварване.

От получените числени резултати се вижда, че въпреки нарастването на размерите на пробата при натоварване необходимата енергия за достигане на зададената сила намалява след 15-ия цикъл.

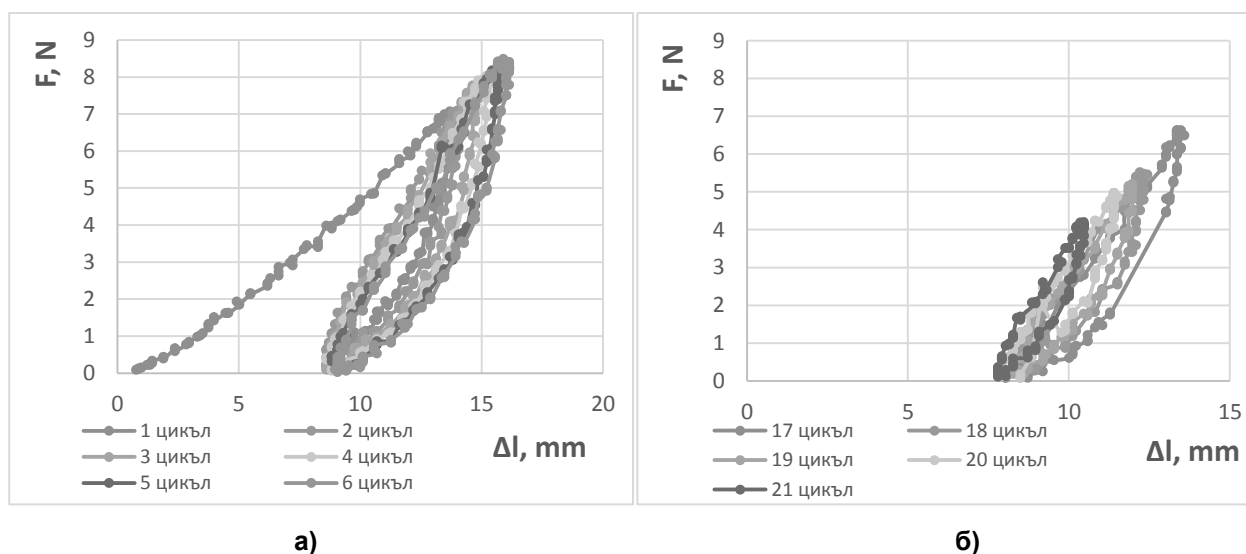
Табл. 2 Параметри от хистерезисните криви по бримков ред

Параметър \ Натоварване по бр. ред	$P_{p,ст.}$	$A$ , $mJ$	$A'$ $mJ$	$LT$	$RT$	$F_p$
1-ия цикъл	0.061	38,236	11,885	1,23	0,384	-
5-ия цикъл	0.107	32,183	17,883	1,292	0,554	-
10-ия цикъл	0.153	37,341	26,210	1.296	0,702	-
15-ия цикъл	0.176	30,472	18,235	1.347	0,598	0.012
20-ия цикъл	0.199	22,596	13,804	1.502	0,611	0,327

Коефициентът на пластичност по направление на бримковите редове от 0,061 за първи цикъл достига до 0,199 за последния реализиран цикъл, което означава, че изследваната плетена структура в значителна степен е загубила своята еластичност. След 18-ия цикъл се наблюдава постепенен спад на силата на опън.

### Б) Хистерезисни криви по бримков стълб

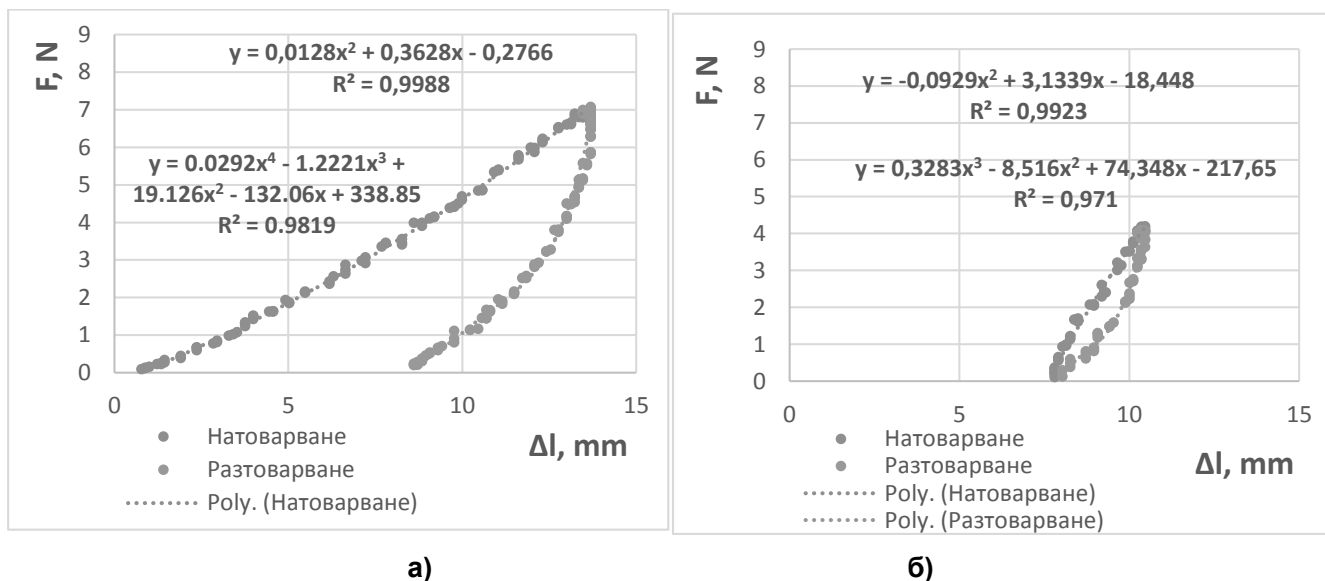
Хистерезисните криви по направление на бримковите стълбове са илюстрирани на фиг. 3 до 21-ия цикъл.



Фиг. 3 Графика сила-абсолютно удължение при двумерно натоварване до гранична сила по бримков стълб, а) до 6-ия цикъл, б) до 21-ия цикъл

Отделните криви за 1-вия и 21-вия цикли и техните апроксимационни функции по бримков стълб са илюстрирани съответно на фиг. 4 а и б.

В табл. 3 са изведени апроксимационните функции при натоварване и разтоварване за отделни цикли. Най-добра апроксимация на кривите на натоварване е постигната с полиномна функция от първа и втора степен, докато тези на разтоварване с полином от трета и четвърта степен.



Фиг. 4 Апроксимация на кривата сила-абсолютно удължение при двумерно натоварване до гранична сила по бримков стълб, а) за 1-ви цикъл, б) за 21-ви цикъл

Табл. 3 Апроксимационни криви по стълб при натоварване и разтоварване за отделните цикли

№ цикъл	Крива натоварване	Крива разтоварване
1-ви	$y = 0.0128x^2 + 0.3628x - 0.2766$	$y = 0,00292 \cdot x^4 - 1.2221x^3 + 19.126x^2 - 132.06x + 338.85$
5-ия	$y = 0.0066x^2 + 0.9835x - 8.7502$	$y = 0.0534x^3 - 1.7885x^2 + 20.355x - 77.602$
10-ия	$y = 0.0246x^2 + 0.6254x - 7.2782$	$y = 0.05358x^3 - 1.7104x^2 + 18.573x - 67.74c$
15-ия	$y = 0.0221x^2 + 0.7187x - 7.1152$	$y = 0.0991x^3 - 2.9694x^2 + 30.096x - 102.31$
21-ия	$y = -0.0929x^2 + 3.1339x - 18.448$	$y = 0.3283x^3 - 8.516x^2 + 74.348x - 217.65$

Изчислените параметри от получените хистерзисни криви по бримков стълб са поместени в табл. 4.

За разлика от вложената работа при натоварване по бримков ред, тази по бримков стълб намалява за всеки извършен цикъл. Освен това достигането на зададената сила на опън по бримков стълб се осъществява без съществено нарастване на абсолютното удължение, какъвто е случаят с хистерезисните криви по направление на бримковите редове. Ето защо коефициентът на съотношение на абсолютните удължения нараства в течение на изпитването.

Табл. 4 Параметри от хистерезисните криви по бримков стълб

Параметър Натоварване по бр. стълб	П <sub>р,ст.</sub>	A, mJ	A' mJ	LT	RT	K <sub>L</sub> <sup>1</sup>
1-ви цикъл	0.0052	41,375	14,78	0,977	0,357	1,021
5-ия цикъл	0.059	27,674	17,75	0,535	0,641	1,459
10-ия цикъл	0.0598	24,742	15.26	0,995	0,617	1,926
15-ия цикъл	0.056	16,662	11,397	1,024	0,684	2.327
21-ия цикъл	0.052	5,892	3,54	1,100	0,601	3.183

От друга страна, коефициентът на пластичност по направление на бримковите стълбове се запазва за проведения брой цикли, докато по бримков ред той непрекъснато се увеличава.

### Заклучение

В заключение може да се обобщи, че е направено експериментално изследване на механичното поведение на кръглоплетен плат, 100 % П, от гладка еднолицева плетка при двумерно многоциклово натоварване на опън до достигане на предварително зададена гранична сила. Извлечени са хистерезисните криви, описващи изменението на анизотропното и нелинейно поведение на изследваната бримкова структура и са изчислени основните им параметри. За разлика от резултатите, получени при натоварване до гранична удължение [1], изпитванията до гранична сила показват, че изследваният плетен плат много по-бързо, т.е. за по-малък брой проведени цикли, загубва формоустойчивостта си по направление на бримковите редове и бримковите стълбове.

### Литература

1. Софронова, Д., Изпитване на кръглоплетен плат от гладка еднолицева плетка при двумерно многоциклово натоварване на опън в областта на малките опънови сили до гранично удължение: теоретична част, *Сборник доклади от XX-та Научна конференция с международно участие ЕМФ' 2015*, 2015, предадена за печат.
2. Софронова, Д., Изпитване на кръглоплетен плат от гладка еднолицева плетка при двумерно многоциклово натоварване на опън в областта на малките опънови сили до гранично удължение: експериментални резултати, *Сборник доклади от XX-та Научна конференция с международно участие ЕМФ' 2015*, 2015, предадена за печат.
3. Софронова, Д., Създаване на нова методика за изпитване на плетени платове при двумерно и пасивно тримерно натоварване на опъване, *Сборник доклади от XIII-та Общотекстилна конференция' 2014 „Иновации в текстила и облеклото“*, 2014, с. 207-222.
4. Софронова, Д., Софронов, Я., Гендов, Хр., Стоилов, Т., Разработване на нов метод за изпитване на плетени платове на двумерно и пасивно тримерно многоциклово натоварване с малки опънови сили, *Сборник доклади от XIII-та Общотекстилна конференция'2014 Иновации в текстила и облеклото*, 2014, с. 194-206.

5. Софронова, Д., Софронов, Я., Гендов, Хр., Разработване на софтуер за управление на двигателите и сензорната система на стенд за двумерно многоциклово натоварване, *Сборник доклади от XIX-та Научна конференция с международно участие ЕМФ' 2014*, 2014, с.193-202.
6. Софронова, Д., Разработване на методика и устройство за изследване на анизотропното и хистерезисно поведение на бримкови структури, Дисертация за получаване на ОНС «доктор», 2015.
7. Apparatus and method for biaxial tensile testing of membrane materials, Patent US 6487902 B1.
8. Lecompte, D., A. Smits, H. Sol, J. Vantomme, D. Van Hemerijck, Mixed numerical–experimental technique for orthotropic parameter identification using biaxial tensile tests on cruciform specimens, *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 44, 2007, p.1643-1565.
9. Lomov, S., Ph. Boisse, E. Deluucker, et al., Full-field strain measurement in textile deformability studies, *Composite, Part A*, Vol. 39, 2008, p. 1232-1244.
10. Smits, A., D.Van Hemerijck, T. Philippidis, A. Cardon, Design of a cruciform specimen for biaxial testing of fibre reinforced composite laminates, *Composite Science and Technology*, Vol. 66, 2006, p. 964-975.
11. Zouani, A., Bui-Quoc, T., Bernard, M., 1996. A proposed device for biaxial tensile fatigue testing. *Fatigue and Fracture*, ASME PVP-323, vol. 1, pp. 331–339.

**Автор:** ас. д-р Даниела Софронова, Технически университет – София, катедра „Текстилна техника“, бул. „Климент Охридски“ 8, каб. 4247, тел.: 02 965 39 21,  
E-mail: [dcholeva@tu-sofia.bg](mailto:dcholeva@tu-sofia.bg)