

## EXPERIMENTAL STUDY ON THE FRICTION CHARACTERISTICS OF COTTON FABRICS BEFORE AND AFTER FINISHING

Rayka Chingova

South-West University "Neofit Rilski" - Blagoevgrad, Bulgaria, [raikach@abv.bg](mailto:raikach@abv.bg)

**Abstract:** This study identifies some of the friction characteristics of cotton fabrics in fabrics with different weaves, which have a different mass per unit area, number of edges and packings per unit length and line density (number) of yarns. The measurements are conducted according to the standard BDS EN ISO 8295:2006 using  $\mu$ -meter MXD-02 made by Labthink, China. The tester allows the determination of the static and the dynamic coefficients of friction (COF).

The tests are performed for both fabric sides (face and reverse), in different fabric directions (warp, weft and under 45 degree), and under different pressure (200, 300 and 400 g). The speed of sliding has been constant -100 mm/min.

Formulas for frictional characteristics specialized for fabrics have been used for the precise determination of the friction behavior of the textile products – friction index  $n$ , friction parameter  $C$  and friction factor  $R$ .

The connection between the friction force and the normal pressure is transformed to logarithmic relation:

$$\frac{F_i}{B} = C \cdot \left(\frac{N_i}{B}\right)^n \rightarrow \log\left(\frac{F_i}{B}\right) = \log C + n \cdot \log\left(\frac{N_i}{B}\right) \quad (1)$$

$i=1, 2, \dots, m$ ;  $B$  – contact area ( $m^2$ );  $C$  – friction parameter ( $Pa^{1-n}$ );  $n$  – friction index (without dimension);  $N$  – normal pressure ( $N$ );  $F$  – friction force ( $N$ );  $m$  – number of conducted examinations.

The friction index  $n$  and the friction parameter  $C$  are calculated from the coefficients of the linear regression equation  $a$  and  $b$ :

$$y = a + x \cdot b \quad (2)$$

Where:  $x = \lg(N/B)$ ;  $y = \lg(F/B)$ ;  $a = \lg C$ ;  $b = n$ .

The friction parameter and the friction index are used for the determination of the friction factor  $R$ , called also “compound coefficient of friction”:

$$R = C/n \quad (3)$$

Conducted examinations show the influence of the pressure on the friction characteristics of fabrics with the same composition (cotton), but made from yarns with different linear densities. The values of the friction characteristics depend also on the changing of the actual contact area which varies in the different fabric directions. The actual contact area is growing with the increase of the pressure that leads to the increase of the coefficient of friction in neutral state (at rest) and the coefficient of friction when sliding (static and dynamic COF).

The highest frictional index is obtained when one of the layers is orientated in warp direction on the face side and the second one is orientated in weft direction again on the face side. This is valid for both friction tests - at rest (static) and when sliding (dynamic).

A difference in the frictional characteristics is registered for fabrics, which have equal linear densities of the warp and weft yarns, but different number of ends and picks per unit length that is also due to the different actual area between the friction surfaces.

**Keywords:** cotton fabric, friction, friction characteristics.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ФРИКЦИОННИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПАМУЧНИ ПЛОЩНИ ТЕКСТИЛНИ ИЗДЕЛИЯ ПРЕДИ И СЛЕД АПРЕТУРА

Rayka Chingova

Югозападен университет „Неофит Рилски“ – Благоевград, България, [raikach@abv.bg](mailto:raikach@abv.bg)

**Резюме:** В настоящия труд са определени някои от фрикционните характеристики на тъкани памучни площни текстилни изделия с различни сплитки, в различни направления на тъканта и при различен натиск. Тестовете са направени с трибометър MXD-02 на фирма Labthink, Китай, по стандарт БДС EN ISO 8295:2006.

Изследването на триенето е тъкан в тъкан, в различни направления на тъканта, откъм лицевата страна за двата слоя, при различно натоварване на шейната на тестера – 200, 300 и 400 gr и при постоянна скорост на плъзгане 100 mm/min. С тестера са определени коефициентът на триене при плъзгане  $\mu$  и коефициентът на триене при покой  $\mu_0$ . От резултатите за  $\mu_0$  и  $\mu$  са изчислени силите на триене.

За точно изследване на фрикционното поведение на текстилните изделия са ползвани формули за фрикционни характеристики, изведени специално за тъкани – фрикционен индекс  $n$ , фрикционен параметър  $C$  и фрикционен фактор  $R$ .

Връзката между силата на триене и нормалното натоварване е подчинена на логаритмична зависимост:

$$\frac{F_i}{B} = C \cdot \left(\frac{N_i}{B}\right)^n \quad \text{или} \quad \log\left(\frac{F_i}{B}\right) = \log C + n \cdot \log\left(\frac{N_i}{B}\right) \quad (1)$$

$i=1, 2, \dots, t$ ;  $B$  – контактна площ ( $m^2$ );  $C$  – фрикционен параметър ( $Pa^{1-n}$ );  $n$  – фрикционен индекс (без дименсия);  $N$  – нормален натиск ( $N$ );  $F$  – сила на триене ( $N$ );  $t$  – брой експериментални наблюдения.

Изведено е линейно регресионно уравнение от вида:

$$y = a + x \cdot b \quad (2)$$

Където:  $x = \lg(N/B)$ ;  $y = \lg(F/B)$ ;  $a = \lg C$ ;  $b = n$

Фрикционният параметър и фрикционният индекс служат за определянето на фрикционния фактор  $R$ , наричан още съставен коефициент на триене, чиято стойност се определя от зависимостта:

$$R = C/n \quad (3)$$

Проведените изследвания показват влиянието на натиска върху фрикционните характеристики на тъкани с еднакъв състав, но с различна дебелина на основните и вътъчните нишки. Различните стойности на фрикционните характеристики зависят от промяната на реалната контактна площ, която е различна в различните направления. Реалната контактна площ се увеличава с увеличаване на натиска, което води и до нарастване на коефициента на триене при покой и коефициента на триене при плъзгане. Най-висок е фрикционният индекс в направление основа лицева страна за единия слой и вътък лицева страна за другия слой, както при триене при покой, така и при триене при плъзгане. В това направление – основа лицева страна – вътък лицева страна, реалната контактна площ се увеличава поради увеличени зони на контакт на основни и вътъчни нишки от двата слоя.

**Ключови думи:** памучен текстил, триене, фрикционни характеристики.

## 1. ВЪВЕДЕНИЕ

В областта на технологиите в шевното производство, триене се осъществява при накатаване на тъканите, рязане при кроене на много слоеве текстил и последващото разделяне. Триене се наблюдава при шиенето на облекло (с металните части на шевните машини), при опаковане и складиране на готовите облекла и пр. Напоследък при изработване на денемни изделия, първоначално се ушива изделието от суров плат и след това се прилагат довършващи обработки като багрене, пране, фиксиране на цветовете, избелване, апретиране, Субективното усещане на потребителя за триенето на тъканите е важно, но не е метод за количествена оценка на процеса. За текстилните технологии е важно да се оценят количествените параметри на триене на тъканите, както и факторите, които влияят с оглед силово оразмеряване на шевните машини. Известно е, че силата на триене при текстилни материали зависи от редица фактори при изпитване - нормалното натоварване, площта на контакт, скоростта на изпитване, както и естеството на текстилната повърхност и посоката на триене - основа – основа, основа – вътък, основа – верев.

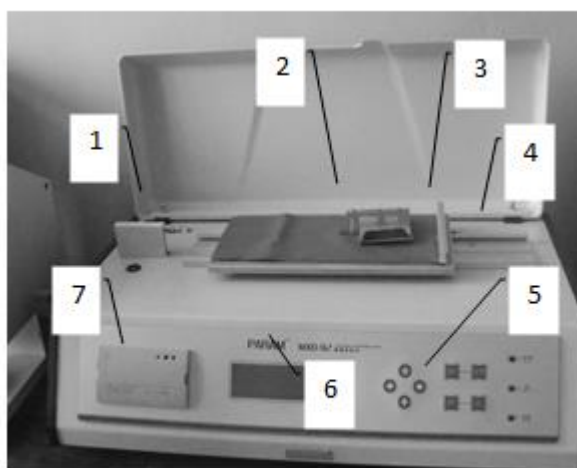
## 2. ИЗЛОЖЕНИЕ

Изследването за настоящата разработка е извършено с текстилни материали от 100% памук /П/ в различни сплитки. Изследваните текстилни материи са с различни характеристики. Произведени са в Текстилен комбинат „Струматекс“ – Благоевград. Параметрите им са посочени в таблица 1. В следващите таблици артикулите са отбелязани с буква А и различни инициали.

Табл. 1. Параметри на изследваните памучни текстилни материали

№	Артикул		ХАРАКТЕРИСТИКИ						
			Слитка	Широчина	Специфична площна маса	Линейна плътност		Гъстина	
						основа	вътък	основа	вътък
						tex	tex	бр. нишки/dm	бр. нишки/dm
1.	Kiparis готов	A11	Кепър 3/1	1510	247	40	50	386	180
2.	Kiparis суров	A12	Кепър 3/1	1610	212	40	50	355	178
3.	Вого готов	A21	Кепър 3/1	1510	282	36	60	384	200
4.	Вого суров	A22	Кепър 3/1	1610	268	40	60	355	200
5.	Voby готов	A31	Кепер 3/1	1510	261	36	60	386	182
6.	Voby суров	A32	Кепър 3/1	1600	254	36	60	355	176
7.	Pirin готов	A41	лито	1500	235	44	44	270	208
8.	Pirin суров	A42	лито	1630	203	44	44	253	200

За определянето на фрикционния параметър, фрикционния фактор и фрикционния индекс са използвани стойности, получени за коефициентите на триене при покой и триене при плъзгане, при работа с уред MXD-02 на фирма Labthink, Китай (Сн. 1).



Сн. 1. Общ вид на уреда MXD-02

Силомерът 1 измерва силата на триене, която възниква при плъзгането на шейната 2 по платформата 3, която от своя страна се движи принудително по направляващата релса 4 (Сн.1). Графиката на изменение на силата се наблюдава на дисплея 6. На него се извеждат и пресметнатите стойности за коефициента на триене при покой, коефициента на триене при плъзгане, скоростта на движение на платформата и масата на шейната. Тестерът позволява работа по различни стандарти, като изследванията са проведени съгласно БДС EN ISO 8295:2006.

Триенето се извършва тъкан в тъкан, в различни направления на тъканта откъм лицевата страна за двата слоя. Параметрите и изборът на стандарт се задават от контролния панел 5. Един слой от изследваната тъкан се поставя на шейната 2 така, че посоката на основните нишки да съвпада с посоката на движение на платформата.

Вторият слой се захваща на подвижната платформа в избрана посока (по основа, по вътък, по верев) и страна на тъканта – лицева или опакова. в шестата секунда от началото Коефициентът на триене при покой  $\mu_0$  се определя от силата, отчетена на теста. В този момент металната нишка, свързваща силоизмерителя и шейната, се опъва, след което започва плъзгането му по платформата Уредът изчислява средната стойност за изследвания коефициент на триене при плъзгане  $\mu$ , както и средноквадратичните отклонения за  $\mu_0$  и  $\mu$ . Числените стойности, видими на екрана, могат да се отпечатаат с печатащото устройство 7. Получените резултати за  $\mu_0$  и  $\mu$  са посочени в табл. 2.

**Табл. 2. Стойности на коефициентите на триене при покой и при плъзгане**

Артикул	Маса на шейната g	Коефициент на триене при покой			Коефициент на триене при плъзгане		
		ОЛС-ОЛС	ОЛС-ВвЛС	ОЛС-ВкЛС	ОЛС-ОЛС	ОЛС-ВвЛС	ОЛС-ВкЛС
A11	200	0,959	0,918	0,787	0,744	0,658	0,641
	300	1,061	1,001	0,912	0,959	0,844	0,787
	400	1,177	1,073	1,101	1,096	1,031	1,000
A12	200	0,827	0,819	0,800	0,639	0,540	0,682
	300	0,905	0,933	0,936	0,795	0,722	0,850
	400	1,022	0,983	1,064	0,938	0,890	0,993
A21	200	0,861	0,938	0,880	0,738	0,661	0,665
	300	0,981	0,972	0,997	0,890	0,849	0,867
	400	1,121	1,120	1,155	1,100	1,000	1,056
A22	200	0,875	0,833	0,770	0,700	0,572	0,583
	300	1,033	0,921	0,934	0,861	0,771	0,778
	400	1,135	1,035	1,082	1,029	0,916	0,955
A31	200	0,880	0,816	0,752	0,682	0,605	0,566
	300	1,034	0,971	0,934	0,882	0,783	0,759
	400	1,191	1,102	1,108	1,060	0,944	0,942
A32	200	0,866	0,863	0,757	0,686	0,631	0,537
	300	0,965	0,968	0,915	0,823	0,802	0,745
	400	1,101	1,065	1,044	0,979	0,949	0,920
A41	200	1,194	1,095	1,153	0,929	0,911	0,921
	300	1,293	1,406	1,371	1,116	1,223	1,189
	400	1,433	1,612	1,598	1,327	1,432	1,441
A42	200	0,935	0,805	0,803	0,751	0,641	0,618
	300	1,015	0,960	0,907	0,843	0,801	0,756
	400	1,095	1,044	0,998	0,995	0,915	0,874

Използвани съкращения в табл. 2: ОЛС – основа лицева страна; ВкЛС – вътък лицева страна; ВвЛС – верев лицева страна. Ъгълът при изследванията във веревно направление е 45°. Същите съкращения са ползвани в следващи таблици и графики в текста.

От статиката е известно, че когато едно тяло се намира в покой или се движи равномерно, то векторната сума от всички сили, действащи върху него, е равна на нула. Направеното литературно проучване показва, че при експериментиране с ниски скорости на плъзгане от порядъка на 10 до 500 mm/min не се установяват значителни различия в силата на триене [1, 4]. Основният фактор, който оказва влияние върху фрикционните характеристики на тъканта, е реалната контактна площ при триене между тъканите [2].

Във връзка с незначителното влияние на скоростта на движение на триещите се повърхности една спрямо друга, в настоящото изследване е работено с постоянна скорост от 100 mm/min.

Връзката между силата на триене и нормалното натоварване [2] е подчинена на логаритмична зависимост:

$$(1) \quad \frac{F_i}{B} = C \cdot \left(\frac{N_i}{B}\right)^n \quad \text{или} \quad \log\left(\frac{F_i}{B}\right) = \log C + n \cdot \log\left(\frac{N_i}{B}\right)$$

$i=1, 2, \dots, t$ ;  $B$  – контактна площ (измерва се в  $m^2$ );  $C$  – фрикционен параметър (измерва се в  $Pa^{1-n}$ );  $n$  – фрикционен индекс (без дименсия);  $N$  – нормален натиск (в  $N$ );  $F$  – сила на триене (в  $N$ );  $t$  – брой експериментални наблюдения.

Проучванията на Arurba Das и колектив за текстилни материали смес памук и полиестер /П/ПЕ/ в различно съотношение сочат, че логаритмичната зависимост се доближава до линейна такава [4].

За всеки един от изследваните текстилни продукти са направени по пет опита. Определени са  $\log(F/B)$  и  $\log(N/B)$  при различни направления и при промяна на натиска. Нормалният натиск се променя чрез поставяне на допълнителни тежести върху шейната. Към собствената маса на шейната от 200 g се добавят допълнителни тежести. Масата на изследваната проба, монтирана на шейната, не се взема предвид, тъй като е пренебрежимо малка. Изследванията са извършени при средна температура на въздуха около 22° и влажност на въздуха - 70%. Определянето на двата параметъра – фрикционен индекс и фрикционен фактор се извършва, като след изчисляване на нормалните сили на натиск  $N_i$  и силите на триене  $F_i$ , се изчисляват  $\lg(F/B)$  и  $\lg(N/B)$ .

Извежда се линейно регресионно уравнение от вида:

$$y = a + x \cdot b$$

(2)

$$x = \lg(N/B); \quad y = \lg(F/B); \quad a = \lg C; \quad b = n$$

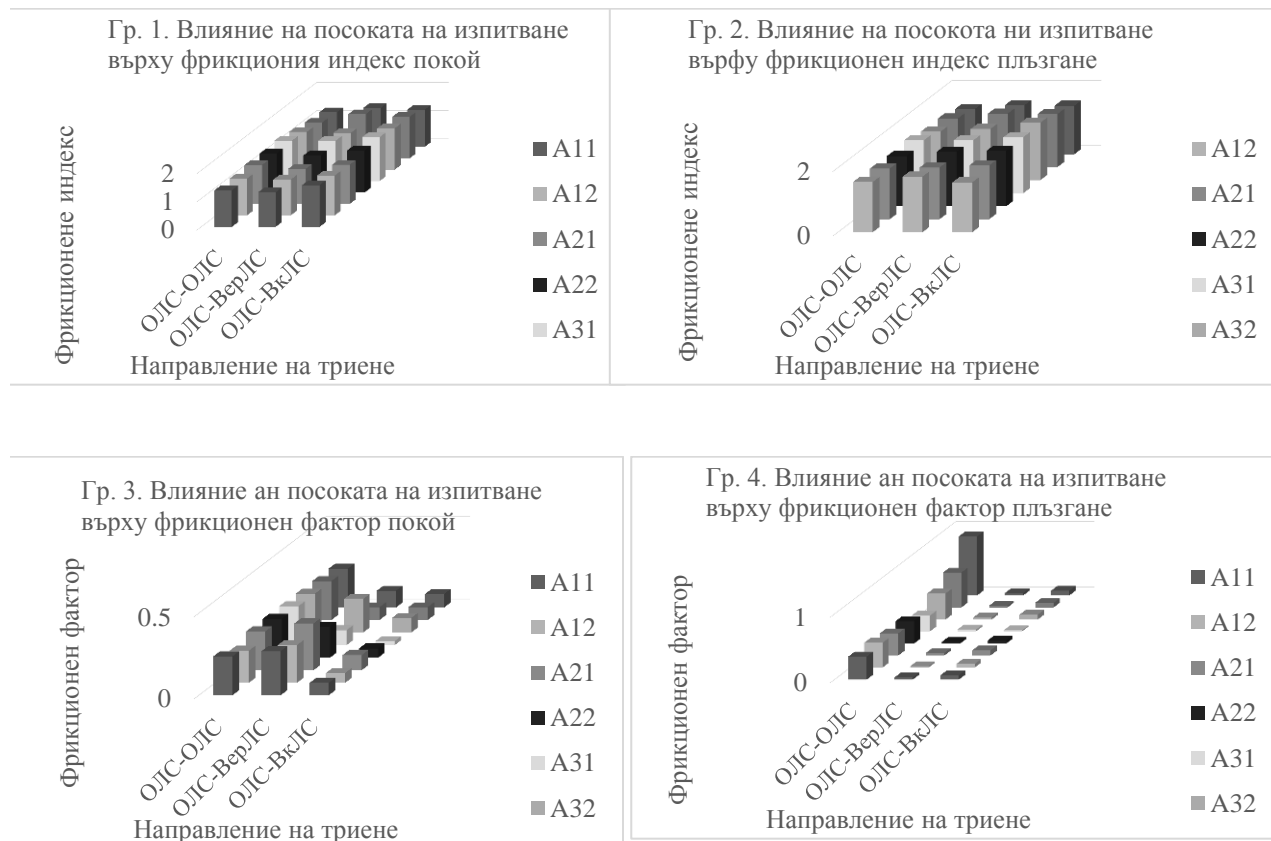
Фрикционният параметър и фрикционният индекс служат за определянето на фрикционния фактор  $R$ , наричан още съставен коефициент на триене или корелационен коефициент на триенето [3], чиято стойност се определя от зависимостта:

$$R = \frac{C}{n} \tag{3}$$

**Табл. 3. Стойности на фрикционни характеристики при покой и при плъзгане**

Артикул	Направление на текстила	Фрикционни характеристики при покой			Фрикционни характеристики при плъзгане		
		индекс $n$	параметър $C$	фактор $R$	индекс $n$	параметър $C$	фактор $R$
		-	$Pa^{1-n}$	$Pa^{1-n}$	-	$Pa^{1-n}$	$Pa^{1-n}$
A11	ОЛС-ОЛС	1,292	0,306	0,237	1,563	0,083	0,351
	ОЛС-ВерЛС	1,224	0,328	0,268	1,646	0,053	0,032
	ОЛС-ВкЛС	1,476	0,110	0,075	1,633	0,110	0,067
A12	ОЛС-ОЛС	1,300	0,255	0,196	1,553	0,074	0,377
	ОЛС-ВерЛС	1,267	0,291	0,230	1,721	0,034	0,020
	ОЛС-ВкЛС	1,410	0,843	0,598	1,542	0,845	0,548
A21	ОЛС-ОЛС	1,377	0,149	0,237	1,568	0,080	0,338
	ОЛС-ВерЛС	1,245	0,355	0,285	1,599	0,064	0,040
	ОЛС-ВкЛС	1,387	0,128	0,092	1,666	0,128	0,077
A22	ОЛС-ОЛС	1,378	0,202	0,237	1,553	0,081	0,342
	ОЛС-ВерЛС	1,309	0,248	0,189	1,683	0,040	0,024
	ОЛС-ВкЛС	1,490	0,084	0,056	1,712	0,084	0,049
A31	ОЛС-ОЛС	1,434	0,163	0,237	1,636	0,057	0,241
	ОЛС-ВерЛС	1,433	0,130	0,091	1,641	0,050	0,030
	ОЛС-ВкЛС	1,558	0,037	0,024	1,734	0,032	0,018
A32	ОЛС-ОЛС	1,341	0,233	0,237	1,509	0,094	0,397
	ОЛС-ВерЛС	1,302	0,265	0,204	1,589	0,050	0,031
	ОЛС-ВкЛС	1,464	0,130	0,089	1,779	0,130	0,073
A41	ОЛС-ОЛС	1,259	0,135	0,237	1,510	0,126	0,532
	ОЛС-ВерЛС	1,562	0,122	0,078	1,657	0,044	0,027
	ОЛС-ВкЛС	1,468	0,115	0,078	1,645	0,115	0,070
A42	ОЛС-ОЛС	1,226	0,270	0,237	1,398	0,213	0,900
	ОЛС-ВерЛС	1,379	0,140	0,102	1,516	0,054	0,036
	ОЛС-ВкЛС	1,313	0,107	0,082	1,500	0,107	0,071

Резултатите от изследването за фрикционен параметър, фрикционен фактор и фрикционен индекс на триене при покой и триене при плъзгане са посочени в таблица 3. На графики № № 1 - 4 са визуализирани експерименталните резултати за фрикционния индекс и фрикционния фактор в зависимост от посоката на изпитване.



### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведените изследвания показват влиянието на натиска върху трифрикционните характеристики на тъкани с еднакъв състав, но с различна дебелина на основните и вътъчните нишки и различни сплитки. Различните стойности на трифрикционните характеристики зависят от промяната на реалната контактна площ, която е различна в различните направления. Реалната контактна площ се увеличава с увеличаване на натиска, което води и до нарастване на коефициента на триене при покой и коефициента на триене при плъзгане.

Най-висок е трифрикционният индекс в направление основа лицева страна за единия слой и вътък лицева страна за другия слой, както при триене при покой, така и при триене при плъзгане за тъканите със сплитка кеър 3/1. В това направление - ОЛС - ВкЛС, реалната контактна площ се увеличава поради увеличени зони на контакт на основни и вътъчни нишки от двата слоя. За сплитка лито, най-големи стойности за трифрикционен индекс при плъзгане се получава в направление основа лицева страна – верев лицева страна. За тази сплитка, най-голяма реална контактна площ се получава в това направление. За артикули А21 и А31, които са с еднаква дебелина на нишките по основа и по вътък, но с различна гъстина по вътък, се отчита разлика във трифрикционните характеристики, която също се дължи на различната реална контактна площ на триещите се повърхности.

По-големи са стойности за коефициентите на триене, както при покой, така и при плъзгане при готовите площни тъкани изделия, отколкото при суровия плат. При суровия плат гъстината по основа и по вътък е по-малка, отколкото за готовия плат. При суровия плат реалната контактна площ на триещите се слоеве е по-малка, отколкото при готовия.

**ЛИТЕРАТУРА**

[1] Bhuvana, D., Raghunathan, Subramaniam. Studies on frictional behaviour of chitosancoated fabrics. Autex Research Journal, vol. 6, no. 4, December 2006.

[2] Wilson, D. Study of Fabric-on-Fabric Dynamic Friction, Journal of Textile Institute & Industry, April 1963, Vol. 1, Issue 4, p2.

[3] Daniel, B. and B., Hermann, Mathematical Characterization of Frictional Properties, A thesis in mathematics, Texas Tech University, (2003).

[4] Das A., V.K Kothari and N. Vandana, A study on frictional characteristics of woven fabrics, AUTEX Research Journal, Vol. 5, No3, September 2005, AUTE.

