

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

**SOUVISLOST TKACÍHO ODPORU
S KONSTRUKCÍ TKANINY**

A context of the weaving resistance with the contruction fabrics

LIBEREC 2007

LADA EKRTOVÁ

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou diplomovou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovně TUL po uplynutí pěti let po obhajobě.

V Liberci, dne 8. 1. 2007

.....

Podpis

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat za pomoc při vypracování této diplomové práce
panu Ing. Petru Tumajerovi, Ph. D.

Abstrakt

Tkanina je tvořena na tkalcovském stavu během procesu přírazu. Tento proces je velice důležitý a budeme se jím zabývat v této práci. Proces přírazu určuje kvalitu tkaniny.

Práce obsahuje dvě části: teoretickou část a experimentální část. Pojednává o vzájemném silovém působení mezi tkacím strojem (paprskem) a textilním materiálem během procesu přírazu. Je zde analyzována vzájemná souvislost silových veličin procesu přírazu s útkovou dostavou.

Experimentální část práce spočívá v realizaci měření na tkacím stroji. Výsledky experimentálních měření jsou prezentovány grafickou formou v přílohách této práce.

Abstract

The fabric is formed on the weaving machine during the beat-up process. This process is highly important and we will occupy with it in this dissertation. The beat-up process designates quality of the fabric.

This dissertation includes two parts: theoretical part and experimental part, this part treats about the relative action of force between the weaving machine (the reed) and the textile material during the beat-up process. Here is analyse the mutual connection force values the beat-up proces with the weft sett of fabric.

The experimental part thesis rests in the implementation measurement in the weaving machine. Test experimental results are present graphically form in the attachments this work.

Klíčová slova

Příraz the beat-up

Paprsek the reed

Tkací odpor the weaving resistance

Přírazná síla the beat-up force

Osnova the warp

Tkanina the fabric

Obsah

Abstrakt.....	5
Klíčová slova.....	6
Obsah.....	7
Jednotky.....	8
Úvod.....	10
1. Teoretická část.....	13
1.1 Definice veličin procesu přirazu.....	13
1.2 Brierleyho teorie.....	15
1.3 Exaktní popis procesu přirazu.....	15
1.3.1 Zjednodušující předpoklady.....	20
1.4 Možné způsoby měření tkacího odporu.....	20
1.4.1 Přímé měření tkacího odporu.....	20
1.4.2 Měření tkacího odporu jako rozdílu tahových sil v osnově a ve tkanině.....	21
1.4.3 Stanovení přírazné síly na základě „Newtonova zákona síly“.....	21
2. Experimentální část.....	22
2.1 Popis tkacího stroje a podmínky při měření.....	22
2.1.1 Obložení tkacího stroje textilním materiálem.....	25
2.2 Přístroje a zařízení použité při experimentálním měření.....	26
2.2.1 Kalibrace snímačů.....	34
2.3 Výstupy experimentálních měření.....	36
2.4 Zpracování naměřených dat.....	37
2.4.1 Využití video-sequencí čela tkaniny pro stanovení trvání přirazu.....	37
2.4.2 Zpracování dat z měřicí ústředny.....	39
3. Souvislost tkacího odporu s útkovou dostavou.....	45
3.1 Analýza hodnot tkacího odporu určených jako rozdíl tahové síly v osnově a ve tkanině.....	45
3.2 Analýza hodnot tkacího odporu určených přímým měřením tenzometrem na paprsku.....	49
4. Závěr a diskuse výsledků.....	53
4.1 Konfrontace teoretických a experimentálních poznatků.....	53
4.2 Porovnání jednotlivých způsobů měření tkacího odporu.....	54
5. Závěrečné shrnutí a doporučení dalšího postupu při řešení dané problematiky.....	57
Dodatek: Limitní dostava dle Brierley.....	58
Literatura.....	60
Příloha č. 1.....	1
Příloha č. 2.....	41
Příloha č. 3.....	81
Příloha č. 4.....	121
Příloha č. 5.....	161
Příloha č. 6.....	201
Příloha č. 7.....	241
Příloha č. 8.....	281

Jednotky

a	zrychlení.....	[m/s ²]
Au	“fiktivní” ukládací poloha útku.....	[mm]
A	rozteč útkových nití.....	[mm]
C ₁	modul tuhosti osnovy.....	[N/m]
C ₂	modul tuhosti tkaniny.....	[N/m]
D ₂	útková dostava.....	[n./1cm]
D ₁	dostava osnovy.....	[n./1cm]
d ₁	průměr osnovy.....	[mm]
d ₂	průměr útku.....	[mm]
d _s	střední průměr nití ve tkanině..... $d_s = (d_1 + d_2)/2$	[mm]
e	Eulerovo číslo.....	[1]
e ₁	relativní zvlnění osnovy..... $e_1 = H_1/d_s$	[1]
e ₂	relativní zvlnění útku..... $e_2 = H_2/d_s$	[1]
f	koeficient tření.....	[1]
F	síla působící na paprsku při tkaní.....	[cN/nit]
F _p	přirazná síla.....	[cN/nit]
g	tíhové zrychlení..... $g = 9,81 \text{ m/s}^2$	[m/s ²]
G	tíhová síla.....	[cN]
H ₁	výška vlny osnovní nitě.....	[mm]
H ₂	výška vlny útkové nitě.....	[mm]
k	konstanta.....	[1]
l	tkací šíře.....	[m]
m	hmotnost.....	[kg]
n	otáčky tkacího stroje.....	[1ot/min]
p _n	počet osnovních nití vedených přes snímač.....	[1]
Q	hodnota tahové síly.....	[cN]
Q ₁	tahová síla v osnově.....	[cN/nit]
Q ₂	tahová síla ve tkanině.....	[cN/nit]
Q _p	předpětí.....	[cN/nit]
R	tkací odpor.....	[cN/nit]
S ₁	vnitřní síla v osnově.....	[N]
S ₂	vnitřní síla ve tkanině.....	[N]

Jednotky

t	čas.....	[s]
T _p	trvání druhé fáze přírazu.....	[ms]
U	útkový výkon.....	[m/min]
V _p	využití tkacího cyklu pro příraz	[%]
X	protažení osnovy.....	[mm]
Y	přírazný puls.....	[mm]
Φ ₁	úhel otevření prošlupu.....	[°]
Φ ₂	úhel provázání.....	[°]
ξ	skluz – zatlačení útku do tkaniny.....	[mm]

Úvod

Tkanina je na tkacím stroji tvořena ve čtyřech fázích: otevření prošlupu, zanesení útku, zavření prošlupu a příraz útku. V procesu přírazu dochází k formování tkaniny a její struktury. Během přírazu jsou útky zatlačeny do tkaniny na určité rozestupy a tím je určena útková dostava tkaniny.

Výroba a používání textilií patří k těm nejstarším projevům lidské civilizace. Archeologické nálezy na jižní Moravě dokládají používání tkanin již před 27 000 lety [14]. Je zřejmé, že za toto velmi dlouhé období prodělala technologie výroby tkanin celou řadu změn, od ručního provazování útku do svisle napnuté osnovy (27 000 let před n. l.), přes tvorbu tkaniny v základních 4 fázích (cca 4 000 let před n. l.), až po tvorbu tkaniny na ručním tkacím stavu ve středověku viz. obr. číslo 1.

V období po druhé světové válce bylo hlavním hnacím motorem při vývoji tkacích strojů zvyšování jejich výkonu. Výkon tkacích strojů můžeme vyjádřit množstvím útků, které tkací stroj zatká za jednotku času tj. takzvaným útkovým výkonem, který budeme značit $U = n \cdot l$, kde n – otáčky tkacího stroje [1 ot./min] a l – tkací šíře [m]. Hlavní překážkou zvyšování výkonů tkacích strojů byl způsob zanašení útku na člunkových tkacích strojích. Bylo zřejmé, že je nutné minimalizovat hmotnost zanašečů, jenž se pohybují prošlupem. Byl ve větší míře zahájen vývoj bezčlunkových tkacích strojů viz. obr. číslo 2. Vývoj těchto strojů umožnil razantní zvýšení otáček a tedy i útkových výkonů viz graf znázorněný na obrázku číslo 3. Tento graf znázorňuje maximální útkové výkony jednopřšlupních tkacích strojů, které byly dosaženy na jednotlivých výstavách ITMA v roce 1967-2003.

V důsledku zvýšení otáček tkacích strojů dochází ke zkrácení časových úseků, ve kterých jsou realizovány jednotlivé fáze tvorby tkaniny, což může být příčinou některých textilně-technologických problémů. Proto musí být další vývoj tkacích strojů podpořen teoretickou i experimentální analýzou vzájemné interakce mezi tkacím strojem a textilním materiálem.

Tato práce se zabývá vzájemným silovým působením mezi tkacím strojem (paprskem) a textilním materiálem během procesu přírazu. Je zde analyzována vzájemná souvislost silových veličin procesu přírazu s útkovou dostavou. Problematika je řešena teoretickou i experimentální formou. Experimentální část práce spočívá v realizaci měření na tkacím stroji. Uvedená experimentální měření byla provedena

v podmínkách tkalcovské laboratoře Technické univerzity Liberec na jehlovém tkacím stroji **Gamma-8-R** a pomocí přístrojového vybavení, které bylo v dané laboratoři k dispozici.

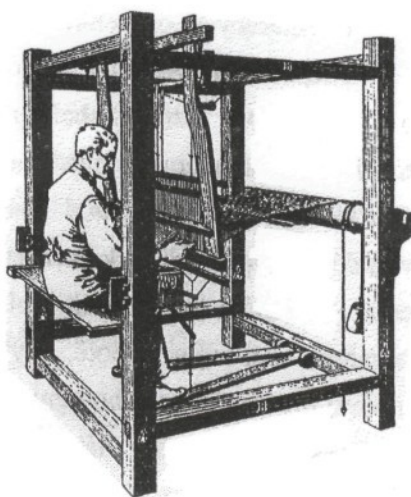
Členění práce:

V úvodní části práce je popsán teoretickou formou proces přírazu a vzájemná souvislost jeho silových veličin (tkacího odporu) s útkovou dostavou. Dále jsou zde navrženy různé způsoby měření tkacího odporu. Tyto způsoby byly dále rozděleny do dvou kategorií a to:

- stanovení přírazné síly pomocí rozdílu tahové síly v osnově a ve tkanině
- na základě chování paprsku v procesu přírazu.

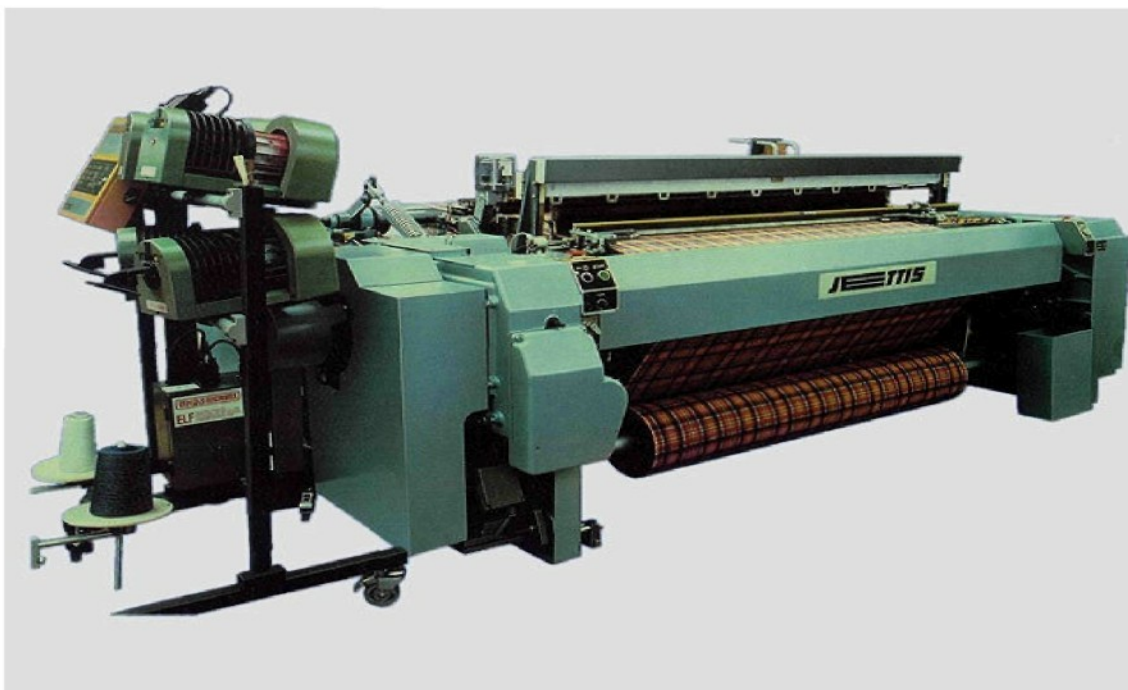
V další části byly vybrané způsoby přírazné síly použity na tkacím stroji. Také je zde popsán tkací stroj, na kterém bylo experimentální měření provedeno. Dále je v této části podrobně popsáno použité přístrojové vybavení včetně nastavení ovládacích prvků jednotlivých přístrojů a jejich umístění na daném pracovišti.

V závěrečné části je provedeno zhodnocení souvislosti tkacího odporu s konstrukcí tkaniny. Kapitola je zaměřena zejména na vliv útkové dostavy. Měření byla provedena pro osm různých útkových dostav, které byly nastaveny v rozsahu od 16 nití/1cm – 30 nití/1 cm. V závěru je vyhodnocena souvislost tkacího odporu s útkovou dostavou.

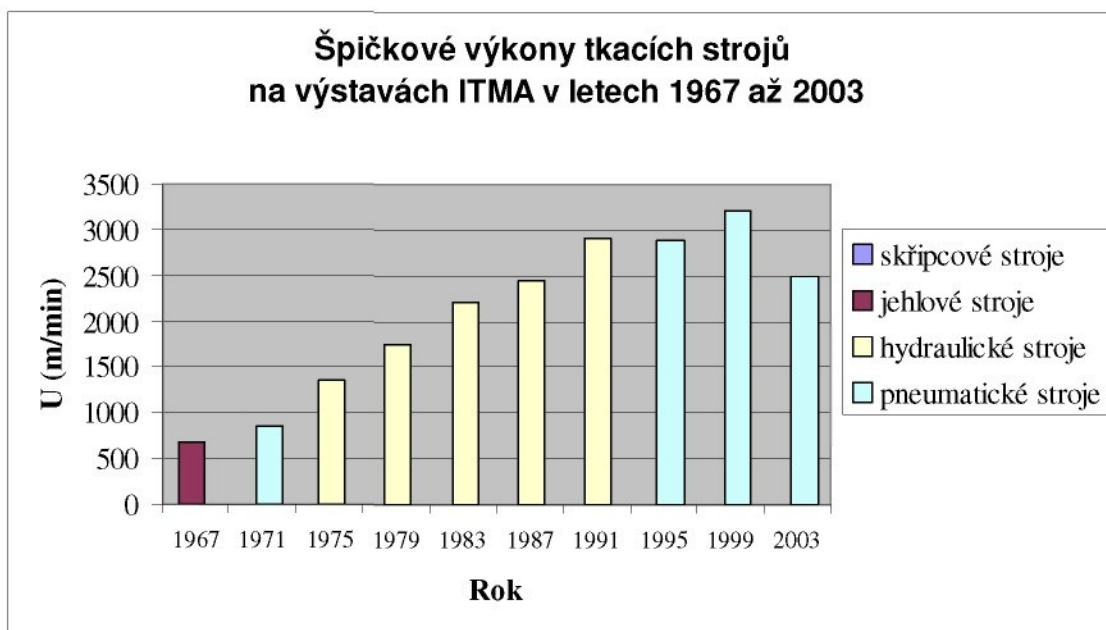


Obr. 1 (konec 18. století)

Ruční tkací stav dle [12]



Obr. 2 Tryskový tkací stroj JETTIS dle [13]



Obr. 3 Maximální útkové výkony jednoproslupných tkacích strojů

1. Teoretická část

V této části je teoretickou formou popsán proces přírazu a vzájemná souvislost jeho silových veličin (tkacího odporu) s útkovou dostavou. Dále jsou zde navrženy různé způsoby měření tkacího odporu.

1.1 Definice veličin procesu přírazu

Po zanesení útku je nejprve nit dopravena paprskem k čelu tkaniny (1. fáze přírazu) a potom je dále zatlačována do tkaniny (2. fáze přírazu). Během druhé fáze přírazu je paprsek v kontaktu s čelem tkaniny. Dochází k protahování osnovy respektive „zkrácení“ tkaniny o míru X (viz. obr. 4) a ke vzájemnému pohybu osnovní a útkové nitě. Dráhu, kterou vykoná útek po osnovních nitech nazýváme skluz útku ξ a dráhu kterou vykoná paprsek v kontaktu s čelem tkaniny nazýváme přírazný puls Y . Pro tyto geometrické veličiny tedy platí vztah:

$$Y = X + \xi \quad (1)$$

kde Y – přírazný puls [mm]

X – protažení osnovy [mm]

ξ - skluz – stlačení útku do tkaniny [mm].

V okamžiku kontaktu paprsku s čelem tkaniny ($X = 0$) je tahová síla v osnově a ve tkanině shodná. Tato síla představuje „předpětí“ Q_p , jenž je určené nastavením osnovního regulátoru. Za předpokladu, že osnovu a tkaninu nahradíme ideálními pružinami C_1 a C_2 , dojde během druhé fáze přírazu k nárůstu tahové síly v osnově Q_1 dle vztahu (2) a poklesu tahové síly ve tkanině Q_2 dle vztahu (3).

$$Q_1 = Q_p + C_1 \cdot X \quad (2)$$

$$Q_2 = Q_p - C_2 \cdot X \quad (3)$$

kde C_1 – modul tuhosti ve tkanině [N/m]

C_2 – modul tuhosti v osnově [N/m]

Q_p - předpětí v osnově [cN/nit]

Rozdíl tahové síly v osnově a ve tkanině, který během druhé fáze procesu přirazu vznikne, určuje tzv. přiraznou sílu F_p , tj. sílu kterou působí paprsek na čelo tkaniny při přirazu (viz. rovnice (4)). Přirazná síla vyvolá ve tkanině reakci, kterou nazýváme tkací odpor R . Tkací odpor a přirazná síla jsou v rovnováze (viz. rovnice (5)).

$$F_p = Q_1 - Q_2 = (C_1 + C_2) \cdot X \quad (4)$$

$$F_p - R = 0 \quad (5)$$

kde F_p – přirazná síla [N]

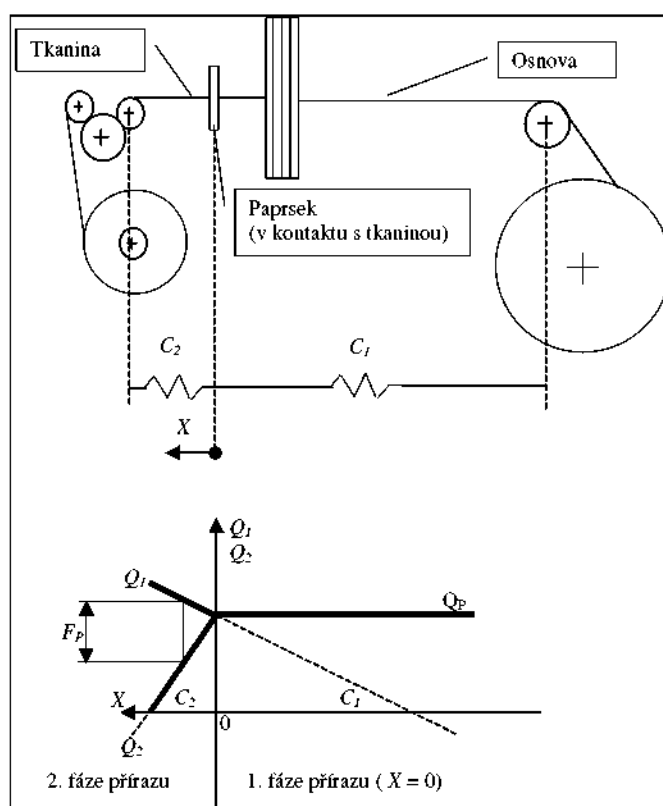
R – tkací odpor [cN/nit]

Q_1 – tahová síla v osnově [cN/nit]

Q_2 – tahová síla ve tkanině [cN/nit]

C_1 - modul tuhosti osnovy [N/m]

C_2 - modul tuhosti tkaniny [N/m].



Obr. 4 Schéma tkacího stroje

1.2 Brierleyho teorie

Brierleyho teorii lze interpretovat pro naše účely asi takto (viz [1]): Odpor R proti přiřazení útku narůstá velmi progresivně se zmenšováním rozestupů útků na čele tkaniny. Roste tedy i s útkovou dostavou D_2 . Tuto závislost lze aproximovat přibližným vztahem (6), jenž byl „odhadnut“ na základě zkušeností a experimentů. Symbol k_B v tomto vztahu představuje konstantu.

$$R = k_B D_2^3 \quad (6)$$

kde k_B - konstanta [1]

R – tkací odpor [cN/nit]

D_2 – útková dostava [n./1 cm].

Na tkací odpor má jistý vliv také dostava osnovy D_1 . Tento vliv zohledňuje následující vztah (7). Hodnoty exponentů 2 pro dostavu osnovy a 3 pro dostavu útku jsou „odhadnuté“ Brierleym.

$$R = k D_1^2 D_2^3 \quad (7)$$

kde D_1 – dostava osnovy [n./1 cm].

1.3 Exaktní popis procesu přírazu

Výše uvedená Brierleyho teorie vyjadřuje závislost tkacího odporu na útkové dostavě na základě empirických zkušeností. V této části vyjádříme tuto závislost pomocí matematických postupů. Při výpočtu se vychází ze situace, která je naznačena na obrázku číslo (5) a z poznatků jež byly popsány v lit. [2] a [3]. Obrázek číslo (5) představuje situaci na čele tkaniny ve druhé fázi přírazu.

Tkací odpor R můžeme vyjádřit jako rozdíl mezi silou v osnově Q_1 a silou ve tkanině Q_2 . Z obrázku číslo 5 je zřejmé, že tahovou sílu v osnově Q_1 a ve tkanině Q_2 můžeme vyjádřit pomocí vnitřních sil v osnově S_1 a ve tkanině S_2 užitím vztahů (8) a (9). Dosazením vztahů (8) a (9) do rovnice (4) následně vyjádříme vztah (10):

$$Q_1 = S_1 \cdot \cos \Phi_1 \quad (8)$$

$$Q_2 = S_2 \cdot \cos \Phi_2(A) \quad (9)$$

$$R = Q_1 - Q_2 = S_1 \cdot \cos \Phi_1 - S_2 \cdot \cos \Phi_2(A) \quad (10)$$

kde S_1 – vnitřní síla v osnově [N]

S_2 – vnitřní síla ve tkanině [N]

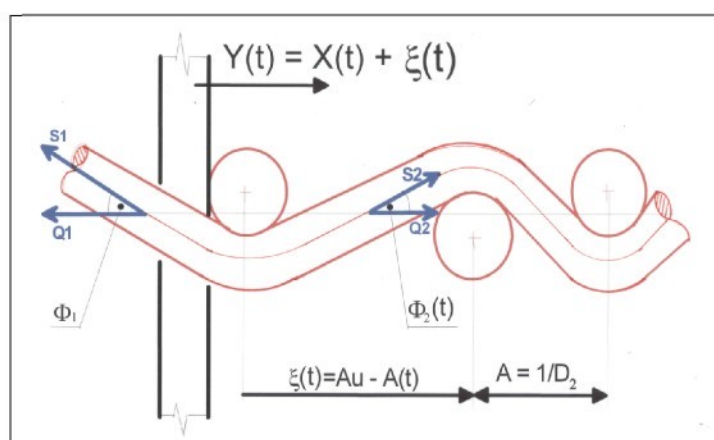
Φ_1 – úhel otevření prošlupu [°]

Φ_2 – úhel provázání [°]

A – rozteč útkových nití [mm]..... $A = 1/D_2$

D_2 – útková dostava [n./1cm]

Na následujícím obrázku číslo 5 je znázorněno čelo tkaniny při přírazu, kde Φ_1 úhel otevření prošlupu, který je určen polohou listu při přírazu a Φ_2 je úhel provázání osnovy. Úhel Φ_2 se mění se skluzem útku ξ tj. mění se s hodnotou rozestupu útku A na čele tkaniny a útkovou dostavou D_2 . Úhel Φ_1 je nezávislý na dosaženém skluzu útku ξ .



Obr. 5 Situace ve tkanině při přírazu

Vztah mezi silou S_1 a S_2 můžeme vyjádřit pomocí Eulera následovně:

$$S_1 = S_2 \cdot e^{f \cdot [\phi_1 + \phi_2]} \quad (11)$$

kde f – koeficient tření mezi útkovou a osnovní nití [1]

e – Eulerův koeficient [1].

a z rovnice (10) vyloučíme sílu:

$$R = S_2 \cdot [\cos \Phi_1 \cdot e^{f \cdot [\Phi_1 + \Phi_2(A)]} - \cos \Phi_2(A)] \quad (12)$$

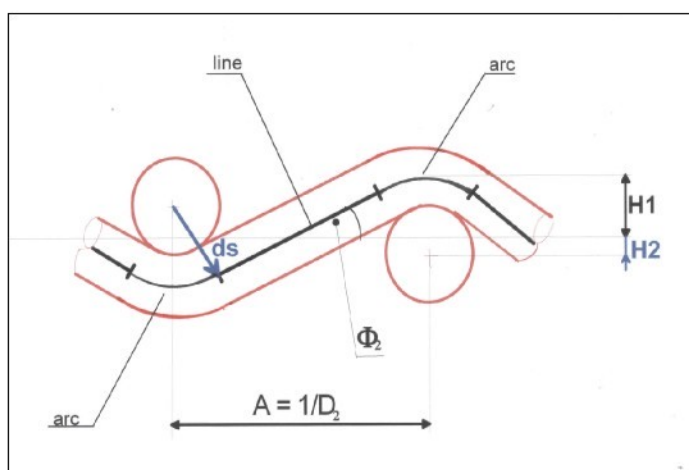
Užitím rovnic (3), (4), (5) a (9) můžeme vyjádřit sílu S_2 tímto vztahem:

$$S_2 = \frac{Q_p}{\cos \Phi_2(A)} - R \cdot \frac{C_2}{(C_1 + C_2) \cos \Phi_2(A)} \quad (13)$$

Výše uvedená rovnice (11) je vztah mezi silou S_1 a silou S_2 . Tuto rovnici lze dosadit do vztahu (10) a z výrazu pro tkací odpor vyloučit sílu S_1 . Tkací odpor R můžeme vyjádřit jako funkci úhlu zvlnění osnovy Φ_2 a následným užitím rovnic (1), (3), (4), (10) a (11) získáme následující vztah (14).

$$R = \bar{Q} \cdot \frac{(C_1 + C_2) [e^{(\Phi_1 + \Phi_2) \cdot f} \cdot \cos \Phi_1 - \cos \Phi_2]}{C_1 \cdot \cos \Phi_2 + C_2 \cdot e^{(\Phi_1 + \Phi_2) \cdot f} \cos \Phi_1} \quad (14)$$

Úhel Φ_2 můžeme vyjádřit jako funkci rozestup útkových nití A ve tkanině, kde pro jeho vyjádření používáme Pierceův model. Tento model je sestaven pomocí dvou obloučků a jedné přímky, jenž znázorňují osnovní nit, u které se předpokládá, že má kruhový průřez. Obloučky jsou označeny *arc* a přímka je označena *line*.



Obr. 6 Pierceův model provázání nitě ve tkanině

Rozteč útkových nití ve tkanině A lze dle Pierceova modelu vyjádřit následujícím vztahem:

$$A = 2.d_s . \sin \Phi_2 + a . \cos \Phi_2 \quad (15)$$

kde A – rozteč útkových nití ve tkanině [mm]

d_s – střední průměr nití ve tkanině [mm]

a – oblouk, úsečka [mm]

Pro střední průměr nití ve tkanině d_s platí následující vztah:

$$d_s = (d_1 + d_2)/2 \quad (16)$$

kde d_1 – průměr osnovy [mm]

d_2 – průměr útku [mm]

Na výše uvedeném obrázku (6) je symbolem H_1 označena výška vlny osnovní nitě a symbolem H_2 je znázorněna výška vlny útkové nitě. Následně platí:

$$2.H_1 = 2.d_s . (1 - \cos \Phi_2) + a . \sin \Phi_2 \quad (17)$$

kde H_1 – výška vlny osnovní nitě [mm]

H_2 – výška vlny útkové nitě [mm].

Z rovnic (15) a (17) vyloučíme a . Řešení potom vede na kvadratickou rovnici.

$$\left[\frac{4.d_s^2 . \left(\frac{H_1}{d_s} - 1 \right)^2}{A^2} + 1 \right] . \cos^2 \Phi_2 + \left[\frac{8.d_s^2 . \left(\frac{H_1}{d_s} - 1 \right)}{A^2} \right] . \cos \Phi_2 + \left[\frac{4.d_s^2}{A^2} - 1 \right] = 0 \quad (18)$$

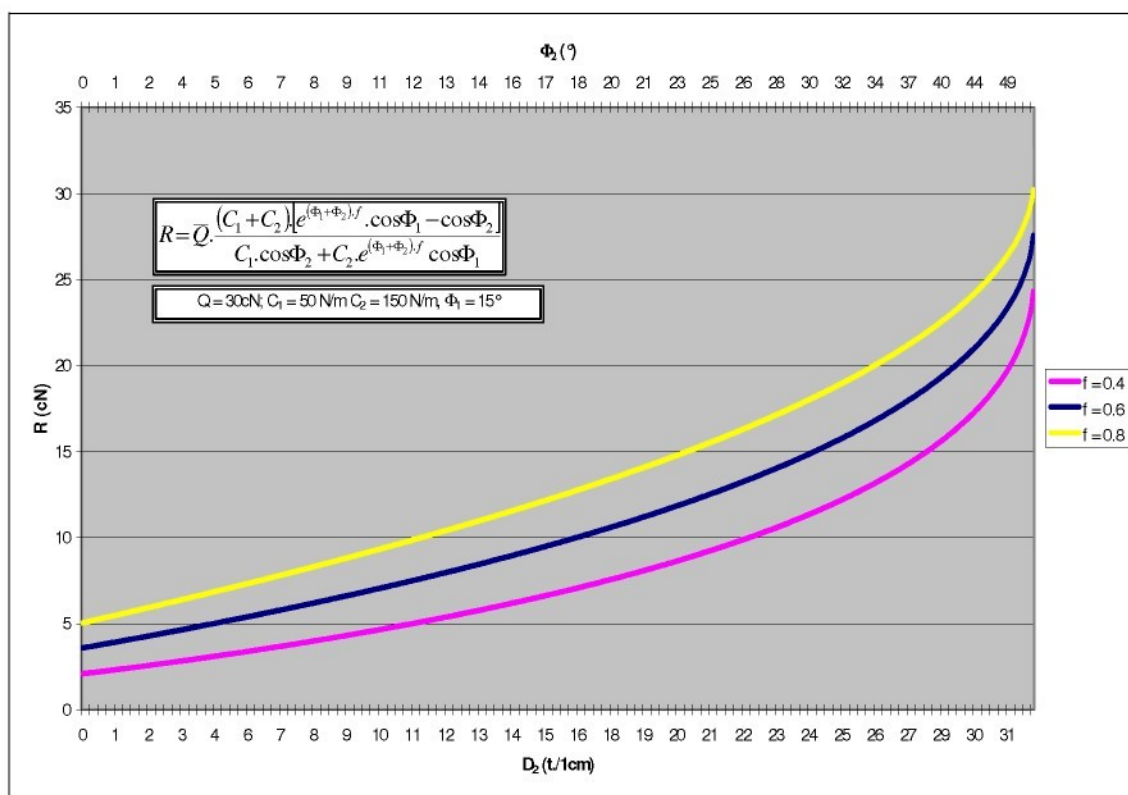
Úhel Φ_2 (viz. obr. 6) může být vyjádřen užitím rovnic (5), (6) a zavedením bezrozměrných veličin, které určují relativní zvlnění útku: $e_2 = H_2/d_s$ a relativní zvlnění osnovy $e_1 = H_1/d_s$, využitím vztahu vyjadřujícím míru zvlnění nití ve tkanině tj. $e_1 + e_2 = 1$ a nalezením kořenů kvadratické rovnice (18) následujícím vztahem:

$$\cos \Phi_2 = \left[\frac{4 \cdot \left(\frac{d_s}{A} \right)^2 \cdot e_2 + \sqrt{1 - 4 \cdot \left(\frac{d_s}{A} \right)^2 \cdot (1 - e_2^2)}}{1 + 4 \cdot \left(\frac{d_s}{A} \right)^2 \cdot e_2^2} \right] = \left[\frac{4 \cdot (d_s \cdot D_2)^2 \cdot e_2 + \sqrt{1 - 4 \cdot (d_s \cdot D_2)^2 \cdot (1 - e_2^2)}}{1 + 4 \cdot (d_s \cdot D_2)^2 \cdot e_2^2} \right], \quad (19)$$

kde e_2 – relativní zvlnění útku [1]a platí..... $e_2 = H_2/d_s$

e_1 – relativní zvlnění osnovy [1].....a platí $e_1 = H_1/d_s$.

Rovnice (14) a (19) definují závislost tkacího odporu R na dostavě útku D_2 analytickou funkcí. Na následujícím obrázku číslo 7 je tato závislost znázorněna graficky.



Obr. 7 Závislost tkacího odporu na dostavě tkaniny dle rovnic (14) a (19)

1.3.1 Zjednodušující předpoklady

Aby bylo možné vyjádřit závislost tkacího odporu R na útkové dostavě D_2 výše uvedenou analytickou funkcí, bylo nutné přijmout určité zjednodušující předpoklady. Tyto předpoklady vyplývají především s použitím modelových vztahů (Eulerův vztah) a použití Peirceova modelu. Jedná se o tyto zjednodušující předpoklady:

- Průřez nití je kruhový a během přírazu nedochází k jeho změnám.
- Je zanedbán vliv ohybové tuhosti nití.
- Je zanedbána hmotnost nití.

Upřesnění teoretického modelu procesu přírazu a odstranění výše uvedených zjednodušujících předpokladů povede na složitější matematické rovnice. A jejich řešení bude nutné realizovat pomocí numerických metod. Zde bude pravděpodobně možné využít postupy popsané v literatuře [4].

1.4 Možné způsoby měření tkacího odporu

1.4.1 Přímé měření tkacího odporu

Tkací odpor je síla, kterou působí čelo tkaniny na paprsek během druhé fáze přírazu. Přímé měření síly působící na paprsek je možné pomocí tenzometrů, které jsou umístěny na paprsku. Proto bylo navrženo umístění tenzometru na spodní vazbě paprsku. Při chodu tkacího stroje však na tento tenzometr nepůsobí silou pouze čelo tkaniny, ale působí zde také dynamické síly určené hmotností (momentem setrvačnosti) bidla a jeho zrychlením. Proto je nutné realizovat měření ve dvou různých režimech chodu tkacího stroje. Nejprve je nutné před spuštěním tkacího stroje posunout čelo tkaniny za rozpínky a po spuštění stroje nezatkávat útek. V tomto režimu chodu tkacího stroje se paprsek nedostává do kontaktu s čelem tkaniny a působí na něj pouze dynamické síly. Potom je realizována běžná výroba tkaniny s určitou útkovou dostavou. V tomto režimu se paprsek dostává do kontaktu s čelem tkaniny. Rozdíl sil působících na paprsek ve druhém a prvním režimu chodu tkacího stroje určuje tkací odpor.

1.4.1 Měření tkacího odporu jako rozdílu tahových sil v osnově a ve tkanině

Příraznou sílu respektivě tkací odpor R můžeme určit jako rozdíl tahové síly v osnově Q_1 a ve tkanině Q_2 viz. kapitola 1.1 . Proto bylo navrženo současné měření tahové síly v osnově a ve tkanině během tkaní. Rozdíl těchto sil potom určuje tkací odpor. Přírazná síla F_p vyvolá ve tkanině reakci – tkací odpor R . Platí tedy rovnice rovnováhy $F_p = R$.

1.4.3 Stanovení přírazné síly na základě „Newtonova zákona síly“

Na paprsek je možné připevnit snímač zrychlení. Snímač zrychlení byl připevněn na horní vazbu paprsku. Potom je nutné opět realizovat měření ve dvou různých režimech chodu tkacího stroje dle kapitoly 1.4.1. Rozdíl zrychlení paprsku v těchto dvou režimech je dle vztahu (20) úměrný tkacímu odporu. Stanovení odpovídající hmotnosti m pro výpočet konkrétní hodnoty tkacího odporu je poměrně obtížné. Touto problematikou se v práci zabývat nebudeme.

$$F = ma \tag{20}$$

kde F – síla [N]

m – hmotnost [kg]

a – zrychlení [ms^{-2}].

2. Experimentální část

V této části je popsán tkací stroj, na kterém bylo provedeno experimentální měření, dále je zde uveden popis pracoviště, přístrojů a zařízení, která byla během experimentu použita. V závěru kapitoly je uveden přehled hlavních výstupů experimentálních měření a způsob zpracování naměřených dat.

Experimentální měření byla provedena ve Tkalcovské laboratoři Technické univerzity Liberec na jehlovém tkacím stroji Picanol GAMMA-8R a s přístrojovým vybavením, které bylo v dané době k dispozici. Při návrhu experimentálních měření byly využity informace uvedené v literatuře [5] a [6]. Měření bylo provedené při různých útkových dostavách.

2.1 Popis tkacího stroje a podmínky při měření

Experimentální měření byla provedena na jehlovém tkacím stroji **Gamma-8-R** (výrobní číslo: 231767, rok výroby: 1997, výrobce: firma Picanol, Ieper, Belgie). Měření byla provedena při uvedených klimatických podmínkách:

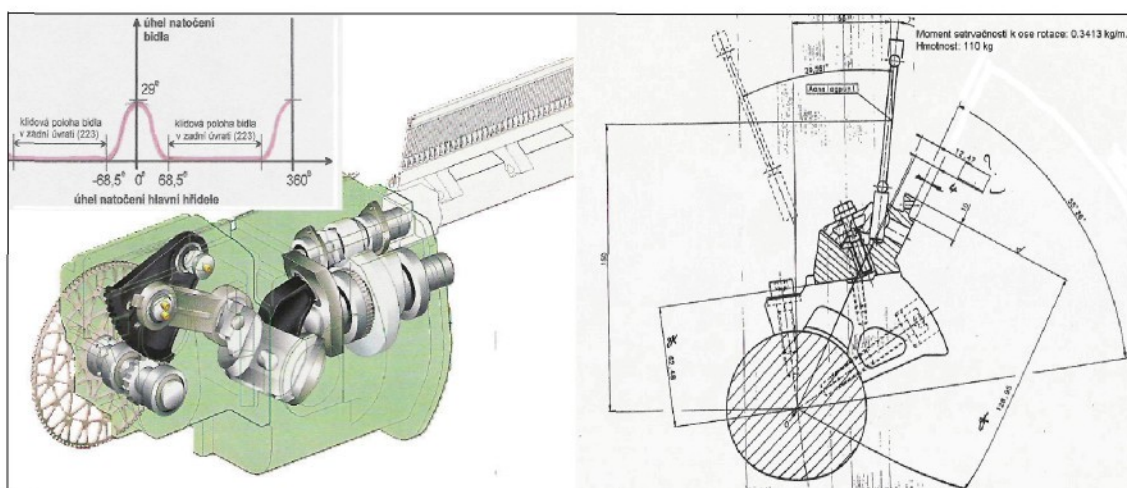
- Teplota se v době měření pohybovala v intervalu od 22 do 25°C,
- Relativní vlhkost se pohybovala v intervalu od 70 do 72 %.

Celkový pohled na stroj Picanol Gamma-8-R znázorňuje následující obrázek číslo (8).



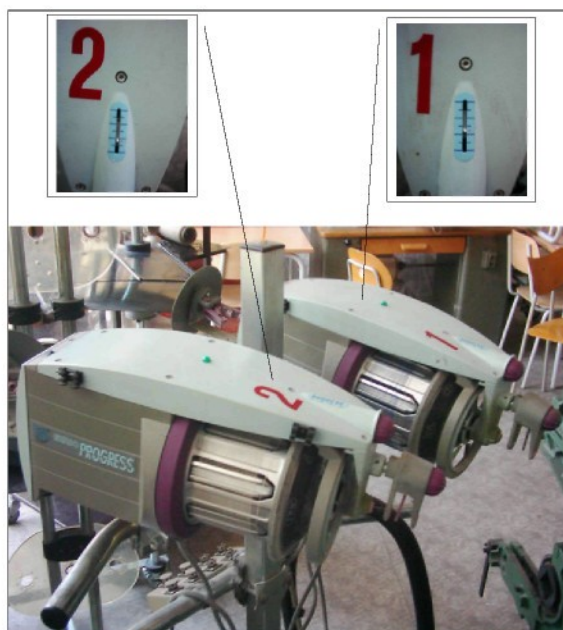
Obr 8 Tkací stroj Picanol GAMMA-8-R

Pohon a přírazný mechanismus: Tkací stroj je poháněn pomocí třífázového asynchronního elektromotoru přes elektromagnetickou lamelovou spojku s integrovanou brzdou. Otáčky tkacího stroje v době měření byly nastaveny na hodnotu 514 ot./min. Kývavý pohyb bidla je vytvořen pomocí vačkového mechanismu a jeho klidová poloha v zadní úvratí je od $68,5^\circ$ do $291,5^\circ$ natočení hlavní hřídele (viz. obr. 9). Maximální paprsková šíře vyráběné tkaniny je 190cm. Při měření byla vyráběna tkanina s paprskovou šíří 176,5 cm.



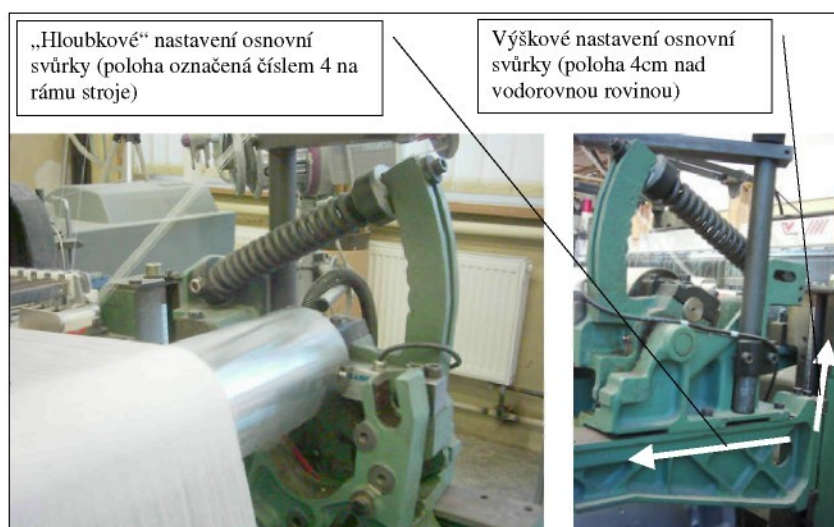
Obr. 9 Bidlo tkacího stroje a jeho pohon

Zanášení a vedení útku: Útek je na tkacím stroji ve formě křížových cívek. Dále je veden přes dávkovač útku LGL – SIRIO PROGRESS a piezoelektrickou útkovou zarážku do podavače útku. Na tkacím stroji je instalována osmibarevná útková záměna (8 podavačů). Při měření byly použity dvě křížové cívky, dva odměřovače a dva podavače (první a třetí) v poměru střídání 1:1. Do prošlupu je útek zanesen pomocí dvou ohebných jehel, které si předávají konec útku uprostřed prošlupu (systém Dewas). K předání útku dochází při 184° natočení hlavní hřídele. Při měření byl útek bržděn pouze v dávkovači útku (nastavení – viz. obr. 10). Automatické brždění útku (PFT) bylo vypnuto. Stříhání útku je realizováno při 72° úhlu natočení hlavní hřídele.



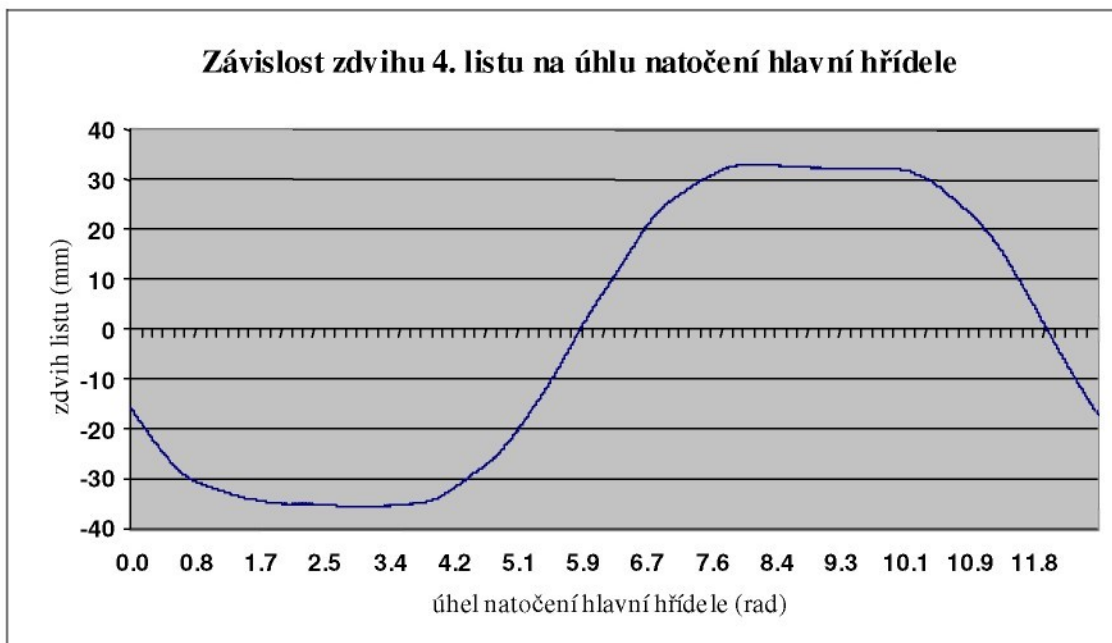
Obr. 10 Dávkače útku a jejich nastavení

Osnovní regulátor a osnovní svůrka: Stroj je vybaven elektronickým osnovním regulátorem se zpětnou vazbou od výkyvné osnovní svůrky. V době měření byla požadovaná tahová síla v osnově nastavena na hodnotu 2,1 kN. Byl použit filtr typu P s hodnotou 2 (tato hodnota odpovídá střídě vazby). Osnovní svůrka byla nastavena do polohy označené číslem 4 na rámu stroje („hloubkové“ nastavení osnovní svůrky) a do polohy 4cm nad vodorovnou rovinou (výškové nastavení osnovní svůrky) – viz. obr. 11.



Obr. 11 Osnovní svůrka a její nastavení

Tvorba prošlupu: Prošlup je tvořen pomocí elektronicky řízeného rotačního listového stroje Staubli 2670, který umožňuje zavěšení až 24 listů. V době měření byly na stroji zavěšeny 4 listy a listový stroj byl naprogramován na tvorbu tkaniny v plátňové vazbě. Zástup listů byl nastaven na hodnotu 322° natočení hlavní hřídele. Obrázek číslo 12 představuje graf závislosti zdvihu 4. listu (list nejbližší tkalci) na úhlu natočení hlavní hřídele.



Obr. 12 Průběh zdvihu listu při tvorbě tkaniny v plátňové vazbě

Zbožový regulátor: Stroj je vybaven elektronickým zbožovým regulátorem. V průběhu měření byly pomocí tohoto regulátoru nastavovány různé hodnoty útkové dostavy (viz. kapitola 2.1.1 – Obložení tkacího stroje textilním materiálem). Korekční faktor zbožového regulátoru, který slouží k odstranění odchylek v dostavě útku, byl nastaven na hodnotu 95%.

2.1.1 Obložení tkacího stroje textilním materiálem

Materiál v osnově: 2 x 14,5tex; 700 S; 45/55 bavlna/polyester,

Materiál v útku: 25tex; 900 Z; 100% bavlna,

Dostava osnovy (na tkacím stroji): 22 nití/1cm,

Paprsková šíře osnovy: 176,5 cm,

Číslo paprsku: 112,

Návod do paprsku: po dvou nitech do zubu,

Návod do listů: hladký návod do čtyř listů,

Celkový počet nití v osnově: 3954,

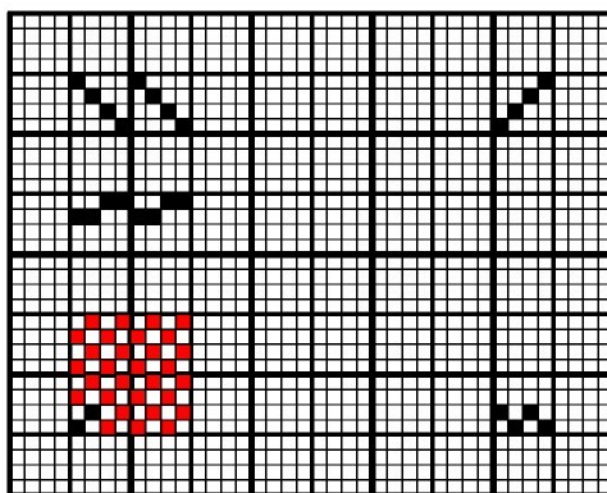
Dostava útku: - při měření byly postupně nastaveny různé útkové dostavy
(viz. následující tabulka č. 1).

Tab. 1 Nastavené útkové dostavy

Nastavená útková dostava (n./1cm)	30	28	26	24	22	20	18	16
Skutečná dostava na stroji (n./1cm)	29	27	25	23	22	20	18	16

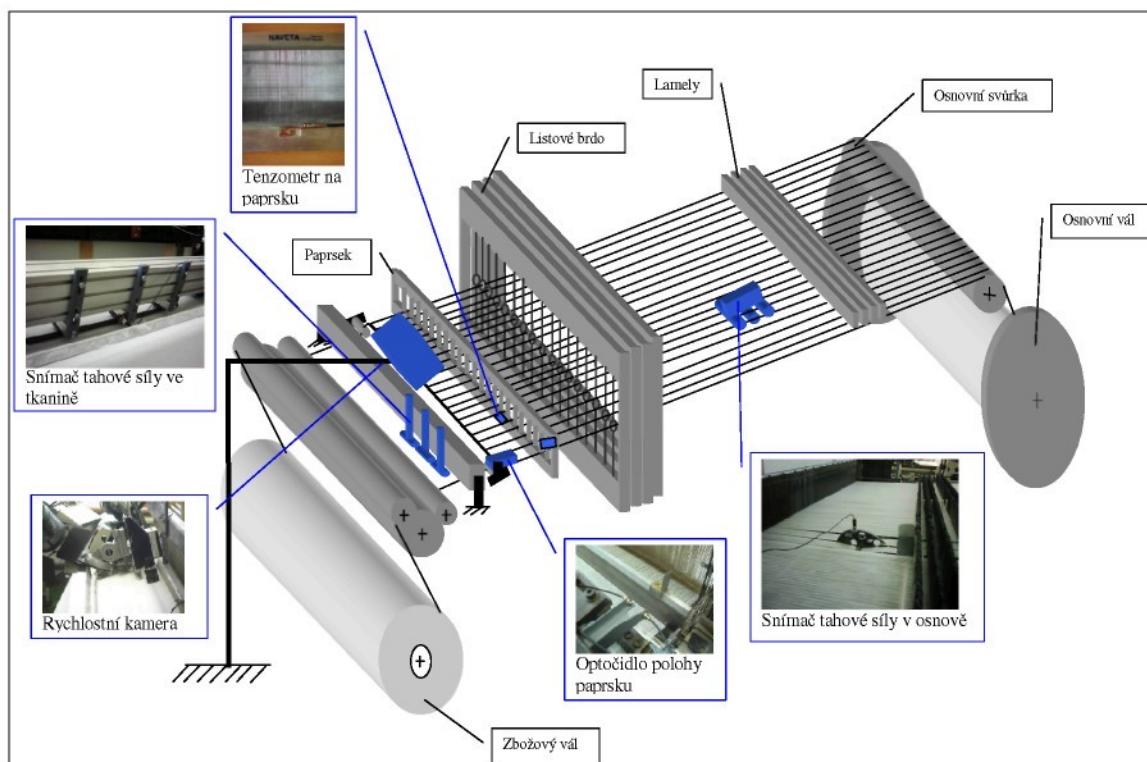
Vazba tkaniny: plátno.

Technická vzornice tkaniny:



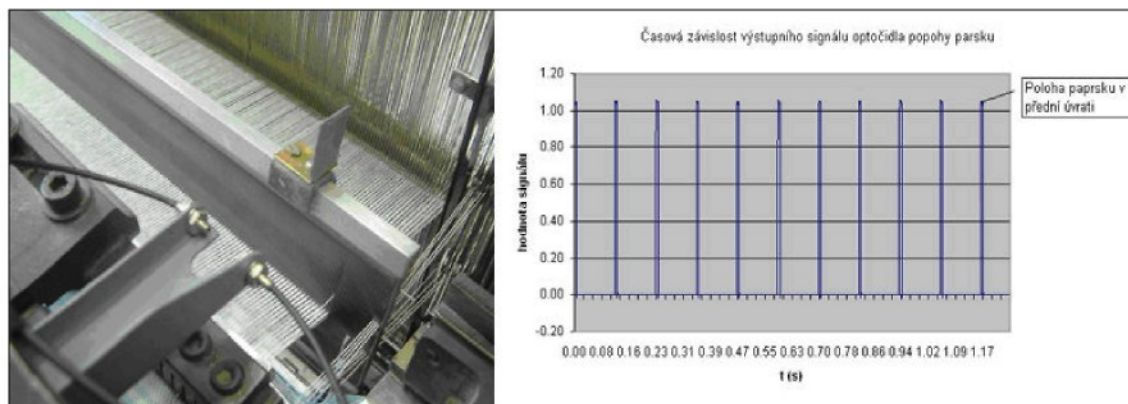
2.2 Přístroje a zařízení použita při experimentálním měření

V průběhu experimentálních měření byla na tkacím stroji měřena tahová síla v osnově, tahová síla ve tkanině, zrychlení na horní vazbě paprsku, síla působící na paprsek (bidlo) a dále bylo použito optočidlo polohy paprsku v přední úvrati. Čelo tkaniny bylo sledováno digitální rychlostní kamerou. Rozmístění snímačů a čidle na tkacím stroji je schématicky znázorněno na obrázku číslo 13.



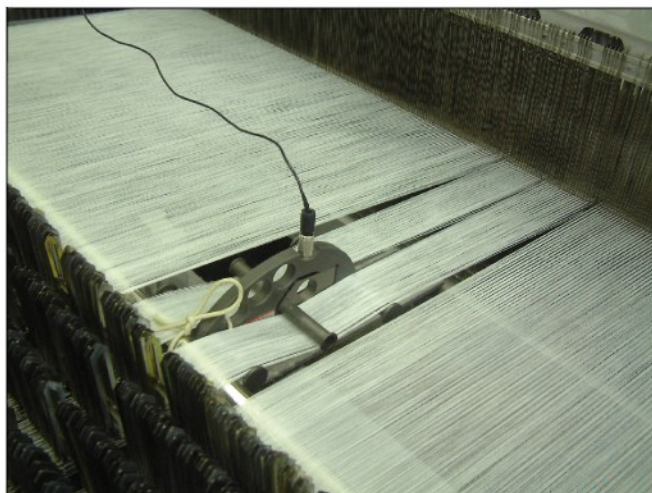
Obr. 13 Rozmístění snímačů a čidel na tkacím stroji

Optočidlo polohy papírku v přední úvrati: Jako optočidlo bylo využito zařízení E3X-A firmy OMRON, jež bylo upevněno na držáku rozpínky (viz. obr. 14). Toto čidlo je tvořeno zdrojem a přijímačem světla. V případě, že se změní světelný tok dopadající na přijímač, dojde ke změně napětí v jeho vnějším obvodu. Na horní vazbě papírku proto byla umístěna clona. Jestliže se paprsek nachází v přední úvrati, dojde k zasunutí této clony mezi zdroj světla a přijímač. Tím dojde ke skokové změně napětí v jeho vnějším obvodu (viz. časová závislost výstupního napětí optočidla na obr. 14). Vyšší hodnota tohoto skokového průběhu představuje polohu papírku v přední úvrati.



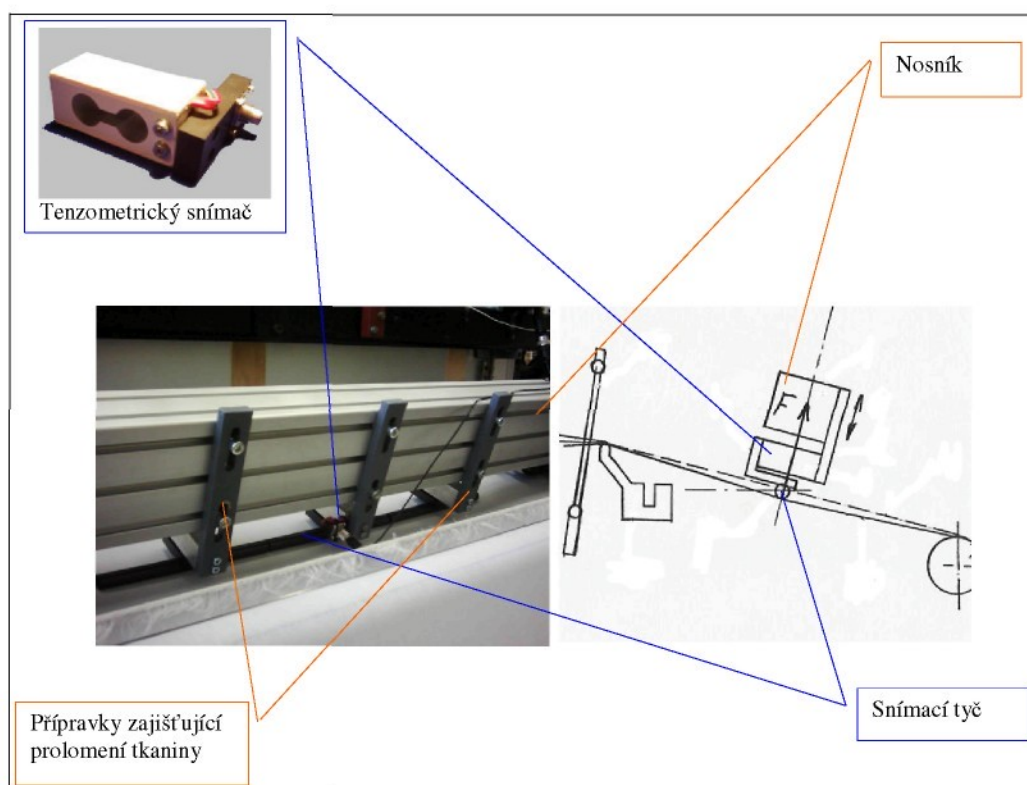
Obr. 14 Optočidlo polohy papírku v přední úvrati a průběh jeho výstupního signálu

Snímač tahové síly v osnově: Pro měření tahové síly v osnově byl použit standardní snímač, který je k tomuto účelu určen (výrobce: VÚTS Liberec). Jedná se o tenzometrický snímač s vlastní frekvencí 1,17 kHz a měřicím rozsahem 200N. Při měření byl na tkacím stroji vložen do osnovy v prostoru mezi lamelami a listovým brdem (viz. obr. 15) ve vzdálenosti 55 cm od pravého kraje paprsku.



Obr. 15 Snímač tahové síly v osnově

Snímač tahové síly ve tkanině: Pro účely měření byl zkonstruován speciální snímač tahové síly ve tkanině. Konstrukce snímače a způsob jeho umístění na tkacím stroji jsou znázorněny obrázkem číslo 16. Přes celou šíři tkacího stroje je veden duralový nosník. Mezi nosníkem a tkaninou je umístěn speciální tenzometrický snímač, který je jedním koncem upevněn k nosníku a na druhý konec je upevněna „snímací tyč“. Tato tyč je vtlačena do tkaniny (velikost opásání snímací tyče tkaninou určuje citlivost zařízení). Aby bylo prolomení tkaniny v okolí místa měření shodné, je nutné na pravou i levou stranu tenzometrického snímače umístit rozměrově shodné přípravky. Pro konstrukci tenzometrického snímače byly použity polovodičové tenzometry a vlastní frekvence snímače je 600 Hz. Snímač byl umístěn ve vzdálenosti 55 cm od pravého kraje paprsku.



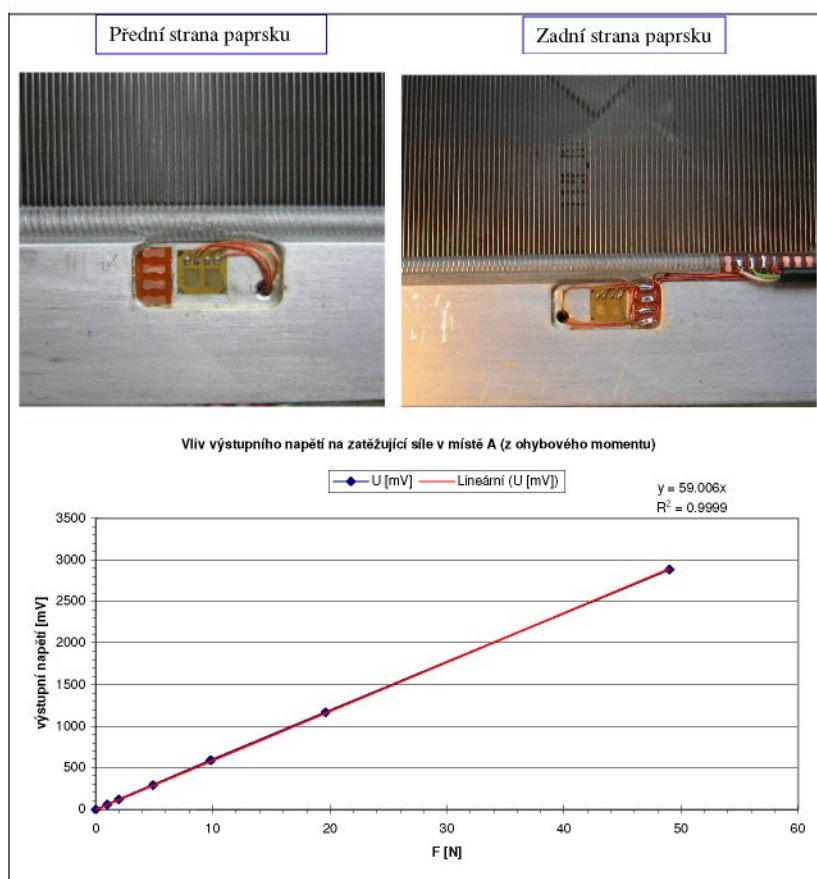
Obr. 16 Snímač tahové síly ve tkanině

Snímač zrychlení: Obrázek číslo 17 znázorňuje způsob upevnění snímače zrychlení na horní vazbě paprsku (snímač měřil tečné zrychlení horní vazby paprsku). Byl použit standardní jednoosý snímač zrychlení – typ 4371 V (výrobce Bruel & Kjaer) s vlastní frekvencí 44 kHz a měřicím rozsahem 500g. Tento snímač byl umístěn ve vzdálenosti 55 cm od pravého kraje paprsku.



Obr. 17 Snímač zrychlení

Pro účely měření byl zkonstruován **speciální paprsek**, který měl na své spodní vazbě nalepeny tenzometry (viz. obr. 18). Tenzometry byly nalepeny ve vzdálenosti 55 cm od pravého kraje paprsku. Použitý tenzometr: Vishay N2K-06-So98N-10C, dva tenzometry na jedné podložce, ohmický odpor tenzometru $1\,000\,\Omega$, zapojení do plného Wheatstonova můstku. Na vzorku paprsku byla prověřena linearita a hystereze takto vytvořeného snímače (viz. graf na obr. 18) s uspokojujícími výsledky.



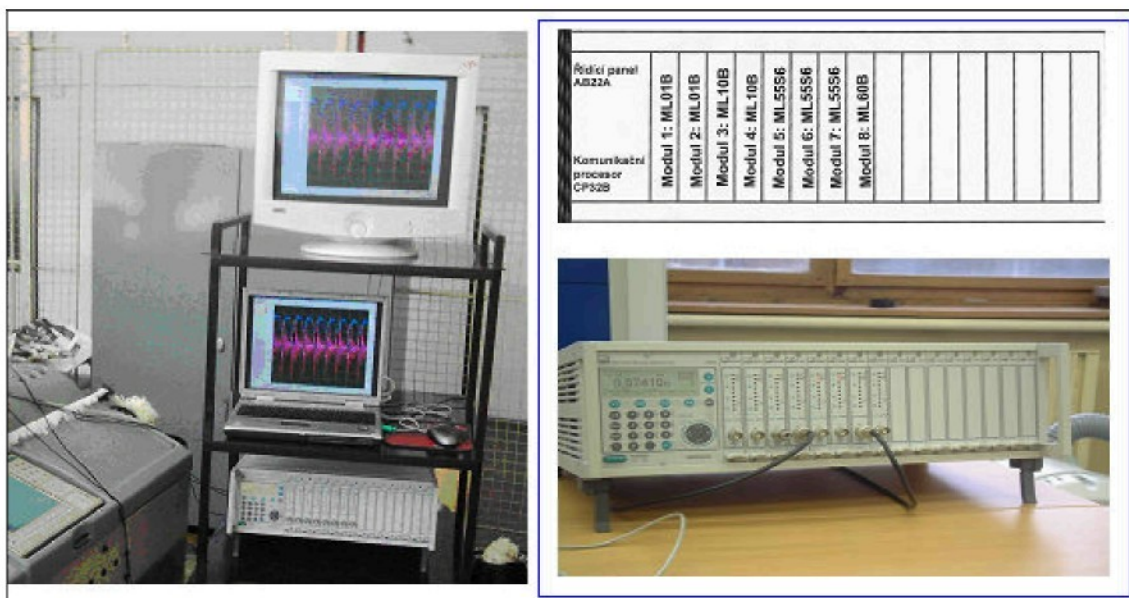
Obr 18 Speciální paprsek s nalepenými tenzometry

Signály z výše uvedených snímačů a čidel byly dále zpracovány a digitalizovány pomocí **měřicí ústředny** MGCplus (výrobce: Hottinger Baldwin Messtechnik). Toto zařízení (viz. obr. 19) se skládá z jednotlivých modulů, které je možné sestavit do základního rámu dle konkrétních potřeb. Základní rám je osazen řídicím panelem AB22A s displejem, který umožňuje řízení jednotlivých zásuvných modulů a nastavení jejich parametrů. Součástí řídicího panelu je rovněž komunikační procesor CP32B, který umožňuje propojení měřicí ústředny se standardním počítačem ve kterém je

nainstalován obslužný program *HBM Setup Assistant 2.1 Release 4*. V našem případě jsou do měřicí ústředny instalovány tyto další moduly :

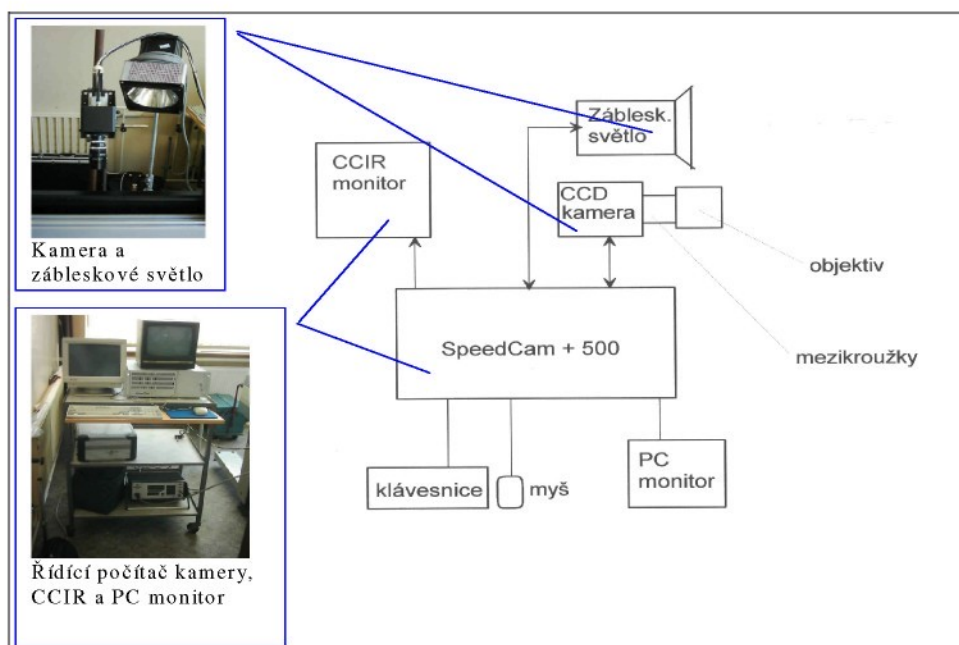
- 1. modul: *měřicí zesilovač ML01B pro napětí s rozsahem do 10 V*: při měření byl použit pro připojení optočidla polohy paprsku v přední úvrati,
- 2. modul: *měřicí zesilovač ML01B pro napětí s rozsahem do 10 V*: tento modul nebyl při měření využit,
- 3. modul: *stejnoseměrný měřicí zesilovač ML10B pro tenzometrické snímače*: při měření byl na tento modul připojen tenzometr umístěný na paprsku,
- 4. modul: *stejnoseměrný měřicí zesilovač ML10B pro piezoelektrické snímač*: při měření byl na tento modul připojen snímač zrychlení,
- 5. modul: *měřicí zesilovač ML55BS6 pro tenzometrické snímače a indukčnostní snímače*: při měření byl na tento modul připojen snímač tahové síly v osnově,
- 6. modul: *měřicí zesilovač ML55BS6 pro tenzometrické snímače a indukčnostní snímače*: při měření byl na tento modul připojen snímač tahové síly ve tkanině,
- 7. modul: *měřicí zesilovač ML55BS6 pro tenzometrické snímače a indukčnostní snímače*: při měření nebyl tento modul využit,
- 8. modul: *konvertor frekvence – napětí (čítač impulsů) ML60B*: při měření nebyl tento modul využit.

Jednotlivé moduly jsou vybaveny dvacetibitovými A/D převodníky. Třída přesnosti je 0,03 pro moduly ML01B, ML10B a ML55BS6 a 0,01 pro modul ML60B. **Vzorkovací frekvence použitá při měření byla 19 200 Hz.** Obslužný program měřicí ústředny umožňuje uložit naměřené hodnoty do souborů ve formátu ASCII.



Obr. 19 Měřicí ústředna

Rychlostní kamera: Při měření bylo sledováno čelo tkaniny pomocí digitální rychlostní kamery SpeedCam +500 (výrobce: Weinberger A.G.). Byl použit objektiv s ohniskovou vzdáleností 75 mm a světelností 1,9. Tento objektiv byl na kameru připevněn pomocí mezikroužků o celkové délce 45 mm. ***Frekvence snímání kamery byla nastavena na hodnotu 1000 Hz*** při rozlišení 256 x 128 pixel. Obrázek číslo 20 znázorňuje celkové schéma rychlostní kamery a její umístění u tkacího stroje.

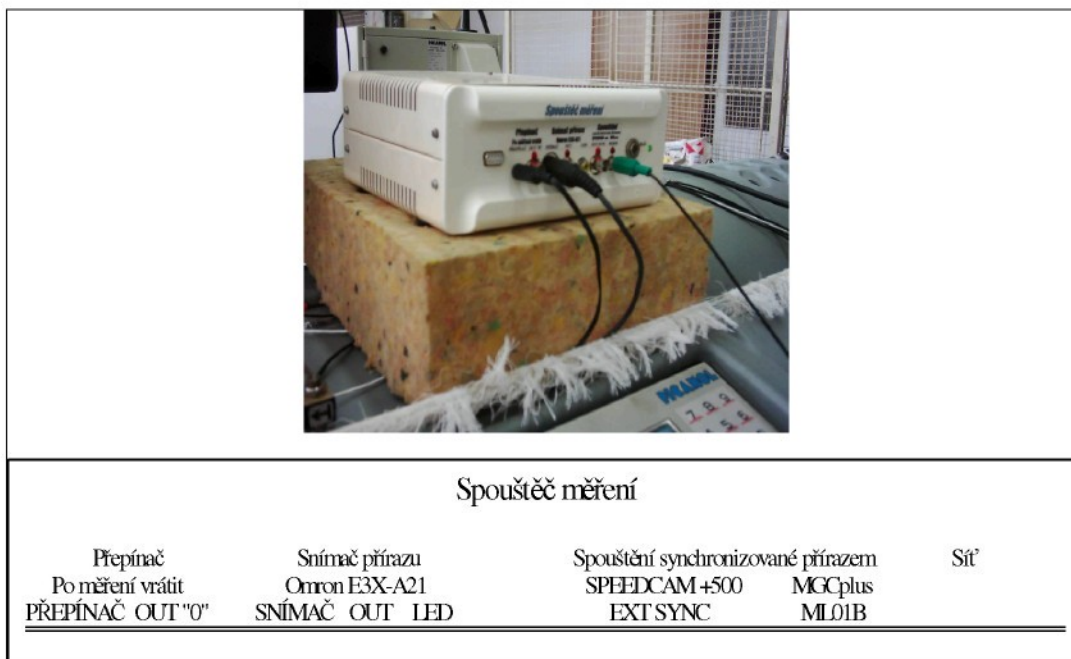


Obr. 20 Digitální rychlostní kamera

„Spouštěč“ měření: Pro účely měření bylo zkonstruováno speciální zařízení, které umožňuje současné spuštění rychlostní kamery a měřicí ústředny signálem optočidla polohy paprsku v přední úvrati. Toto zařízení je zobrazeno na obrázku číslo 21.

Popis jednotlivých částí panelu spouštěče měření:

- V části panelu „Přepínač“ je ke konektoru označeném „PŘEPÍNAČ“ připojen přípravek s přepínačem pro spuštění měření. Výstupní signál z konektoru „OUT “0“ “ lze připojit pro spuštění kamery ke konektoru kamery „EXT SYNC“. Po přepnutí přepínače z výchozí polohy se signál se změní z „I“ na „0“ a spustí kameru.
- V části panelu „Snímač přírazu - Omron E3X-A21“ je ke konektoru „SNÍMAČ“ připojeno optočidlo polohy paprsku v přední úvrati, výrobce: Omron, typ E3X-A21. Je napájeno stejnosměrným napětím 12 V. Na výstupním konektoru označeném „OUT“ je bez zaclonění optočidla signál „0“ a při zaclonění je „I“.
- V části panelu „Spouštění synchronizované přírazem - Speedcam +500“ je výstupní konektor spouštěče měření označený „EXT SYNC“ spojen kabelem se vstupním konektorem kamery označeným též „EXT SYNC“. Při přepínači ve výchozí poloze je výstupní napětí na úrovni „I“. Při spuštění se přepne přepínač a v okamžiku, kdy po přepnutí přepínače paprsek poprvé dosáhne přední úvrati, se výstupní napětí změní na „0“.
- V části panelu „Spouštění synchronizované přírazem - MGCplus“ je konektor spouštěče měření označený „ML01B“ spojen kabelem se vstupním konektorem 1.modulu měřicí ústředny MGCplus - *měřicí zesilovač ML01B pro napětí s rozsahem do 10 V*. Od okamžiku, kdy po přepnutí přepínače z výchozí polohy dosáhne paprsek poprvé přední úvrati, se začne logický signál z optočidla přivádět na vstup měřicího zesilovače ML01B. Měřicí ústředna MGCplus je nastavena na spuštění měření z tohoto modulu při vzestupné hraně, takže se měření spustí při prvním přijmutí impulsu z optočidla a tím i při prvním dosažení polohy paprsku v přední úvrati po přepnutí přepínače z výchozí polohy.



Obr. 21 Zařízení pro současné spuštění kamery a měřicí ústředny

Způsob spuštění měření: Nejprve byl spuštěn tkací stroj a po určité době byla současně spuštěna měřicí ústředna a kamera. *Měření tedy bylo realizováno v ustáleném chodu tkacího stroje.* Současné spuštění měřicí ústředny a kamery, jež je synchronizované polohou paprsku při dosažení přední úvrati, bylo zajištěno pomocí „Spouštěče měření“.

2.2.1 Kalibrace snímačů

Před realizací experimentálních měření bylo nutné provést kalibraci jednotlivých snímačů. V této části je popsán postup při kalibraci.

Nejprve byla realizována **kalibrace snímače tahové síly v osnově**. Tato kalibrace byla provedena mimo tkací stroj na zařízení, které je znázorněno na obrázku číslo 22. Pruh tkaniny připravené na tkacím stroji GAMMA-8-R, byl zavěšen na rám a zatížen závažím o hmotnosti 20 kg. Do pruhu tkaniny byl vložen snímač připojený na 5. modul měřicí ústředny. Nejprve byl snímač odlehčen (nadzvednutím závaží) a v obslužném programu měřicí ústředny byla hodnotě elektrického napětí naměřené na 5. modulu přiřazena hodnota 0 cN. Potom byl snímač zatížen silou, vytvořenou v pruhu

tkaniny pomocí závaží $G = m \cdot g \cdot 10^2$ (cN). Symbol m zde představuje hmotnost závaží v kg a symbol g představuje tíhové zrychlení v m/s^2 ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$). Hodnota síly zatěžující snímač je tedy v našem případě $G = 19620 \text{ cN}$. Potom byl snímač plynule posouván (viz. šipka na obr. 22) tak, aby přes něj pruh tkaniny procházel stejným směrem jako osnova na tkacím stroji. Po ustálení hodnoty výstupního elektrického napětí zobrazené obslužným programem měřicí ústředny, byla zadána odpovídající hodnota tahové síly $Q = G/p_n$ (cN). Symbol p_n zde představuje počet osnovních nití vedených přes snímač a v našem případě je určen šíří měřicích trnů (2 x 50 mm) a dostavou osnovy ($d_0 = 22$ nití/1cm): $p_n = 220$ nití. Tahová síla Q připadající na jednu osnovní nit je tedy určena hodnotou $Q = 89.2 \text{ cN}$. Při měření *snímač udává tahovou sílu v cN připadající na jednu osnovní nit*. Potom byl snímač vložen do osnovy na tkacím stroji (viz. obr. 15) a na lamelách osnovní zarážky bylo provedeno označení „krajových“ lamel osnovních nití vedených přes snímač tak, aby počet těchto nití p_n byl přesně 220.

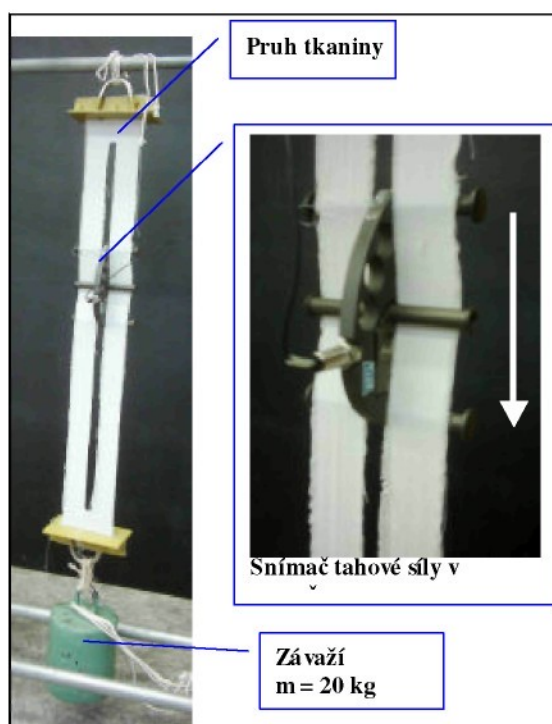
Následovala **kalibrace snímače tahové síly ve tkanině**. Tento snímač byl upevněn na tkací stroj (viz. obr. 16) a připojen na 6. modul měřicí ústředny. Poloha tkacího stroje byla nastavena přibližně na hodnotu 330° natočení hlavní hřídele (paprsek není v kontaktu s tkaninou a listy jsou přibližně v zástupu). Potom byla pomocí osnovního regulátoru povolena osnova (byla nastavena nulová tahová síla) a tkanina byla přidržena tak, aby nebyla v kontaktu se snímací tyčí. V obslužném programu měřicí ústředny byla naměřené hodnotě elektrického napětí na 6. modulu přiřazena hodnota tahové síly 0 cN. Potom byla pomocí osnovního regulátoru (utažením osnovy) nastavena tahová síla v osnově na hodnotu 70 cN/nit (změřeno snímačem tahové síly v osnově) a v obslužném programu měřicí ústředny byla tato hodnota přiřazena naměřenému elektrickému napětí na 6. modulu.

Kalibrace tenzometru na paprsku byla provedena tímto způsobem: Výstupní kabel tenzometru byl připojen na 3. modul měřicí ústředny. Na tkacím stroji byla nastavena útková dostava 30 nití/1cm a bylo provedeno „zatkání“ tkacího stroje s touto útkovou dostavou. Potom byl tkací stroj nastaven do polohy 330° natočení hlavní hřídele (paprsek není v kontaktu s tkaninou a listy jsou přibližně v zástupu) a hodnotě elektrického napětí naměřené na 3. modulu byla přiřazena hodnota síly 0 cN. Potom byl tkací stroj nastaven do polohy 0° natočení hlavní hřídele (paprsek je v kontaktu s tkaninou, tj. vznikne rozdíl mezi tahovou silou v osnově a ve tkanině) a hodnotě

elektrického napětí naměřené na 3. modulu byla přiřazena hodnota síly určená rozdílem tahové síly v osnově a ve tkanině.

Hodnoty naměřené pomocí snímače tahové síly v osnově, pomocí snímače tahové síly ve tkanině a pomocí tenzometru na paprsku určují sílu v cN připadající na jednu osnovní nit (cN/nit).

Kalibrace snímače zrychlení byla provedena dle údajů uvedených v dokumentaci příslušného snímače.



Obr. 22 Kalibrace snímače tahové síly v osnově

2.3 Výstupy experimentálních měření

Při experimentálním měření byly pomocí rychlostní kamery vytvořeny digitalizované video-sekvence. Jednotlivé snímky v těchto sekvencích byly pořízeny s časovou periodou 1ms a zachycují čelo tkaniny při tkaní s útkovou dostavou $d_U = 30, 28, 26, 24, 22, 20, 18$ a 16 nití/1cm.

Dalším výstupem experimentálních měření jsou soubory ve formátu ASCII obsahující data určující časovou závislost těchto veličin:

- signál optočidla polohy paprsku v přední úvratí (označení: „Příraz“),
- síla měřená tenzometrem na paprsku v cN/nit (označení: F),
- tečné zrychlení horní vazby paprsku v m/s^2 (označení: a),
- tahová síla v osnově v cN/nit (označení: Q_1),
- tahová síla ve tkanině v cN/nit (označení Q_2).

Tyto hodnoty naměřené při tkaní s výše uvedenými útkovými dostavami byly uloženy do samostatných souborů (8 souborů). Pro označování jednotlivých veličin budeme dále využívat indexy určující danou útkovou dostavu (př: a_{30} – zrychlení paprsku při útkové dostavě 30 nití/1cm). Jak již bylo uvedeno v kapitole 1.4 (Možné způsoby měření tkacího odporu), je pro určení tkacího odporu dle kapitoly 1.4.1 a 1.4.3 nutné realizovat také měření v tomto režimu chodu tkacího stroje:

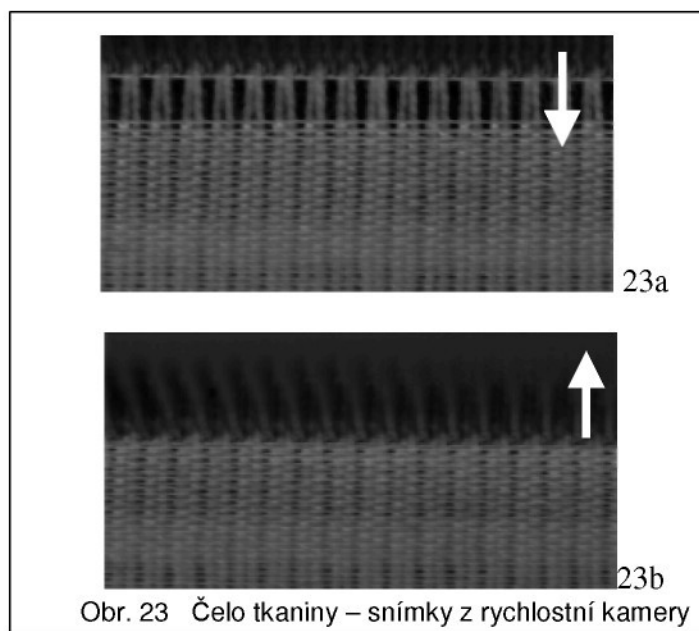
„Před spuštěním tkacího stroje posunout čelo tkaniny za rozpínky a po spuštění stroje nezatkávat útek (paprsek se nedostává do kontaktu s čelem tkaniny).“

Měření v tomto režimu bylo realizováno, hodnoty byly uloženy do souboru a odpovídající veličiny jsou dále označovány indexem „0“ (př: a_0 - zrychlení paprsku při „nulové“ útkové dostavě).

2.4 Zpracování naměřených dat

2.4.1 Využití video-sekvencí čela tkaniny pro stanovení trvání přírazu

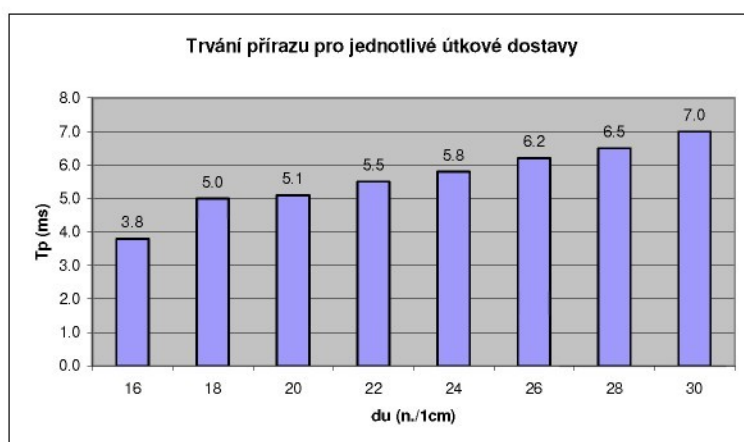
Digitalizované video-sekvence čela tkaniny využijeme pro stanovení časového okamžiku, ve kterém se paprsek dostává do kontaktu s čelem tkaniny a okamžiku, ve kterém paprsek tkaninu opouští. Video-sekvence byly prohlíženy po jednotlivých snímcích v programu WinPlayer. V sekvencích byl pro každý příraz (pro každou útkovou dostavu bylo sledováno 10 přírazů) nalezen snímek, který představuje první kontakt paprsku s čelem tkaniny (viz. obr. 23a) a snímek, pořízený v okamžiku, kdy paprsek tkaninu opouští (viz. obr. 23b).



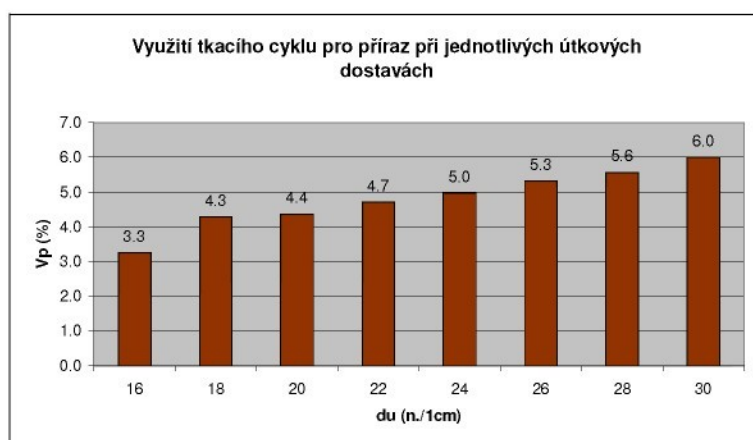
Časový interval mezi těmito dvěma snímky potom určuje trvání druhé fáze přírazu (paprsek je v kontaktu s čelem tkaniny). Snímky zachycující paprsek v kontaktu s čelem tkaniny, jsou pro jednotlivé přírazy uvedeny v příslušných přílohách. V následující tabulce č. 2 jsou uvedeny hodnoty trvání druhé fáze přírazu T_P , které jsou určeny počtem snímků zachycujících paprsek v kontaktu s čelem tkaniny (1 snímek ~ 1 ms). Na obrázku číslo 24 je sloupcový graf, který graficky znázorňuje průměrné hodnoty T_P pro jednotlivé útkové dostavy a na obrázku číslo 25 je sloupcový graf, který znázorňuje využití tkacího cyklu pro příraz $V_p = \frac{n \cdot T_P}{600} (\%)$. Symbol n v tomto vztahu představuje otáčky tkacího stroje (v našem případě: $n = 514$ ot./min).

Tab. 2 Hodnoty trvání druhé fáze přírazu T_P

Trvání druhé fáze přírazu T_P (ms)								
	Útková dostava (nití/1cm)							
Příraz	30	28	26	24	22	20	18	16
1.	7	6	7	6	5	5	5	4
2.	7	7	6	5	5	5	5	4
3.	7	7	6	6	6	5	5	4
4.	7	7	6	6	6	6	6	4
5.	7	6	7	6	5	5	5	4
6.	7	6	6	6	6	5	5	4
7.	7	6	6	6	6	5	5	4
8.	7	6	6	5	6	5	5	3
9.	7	7	6	6	5	5	4	4
10.	7	7	6	6	5	5	5	3
Průměr	7,0	6,5	6,2	5,8	5,5	5,1	5,0	3,8



Obr. 24 Trvání druhé fáze přírazu



Obr. 25 Využití tkacího cyklu pro 2. fázi přírazu

2.4.2 Zpracování dat z měřicí ústředny

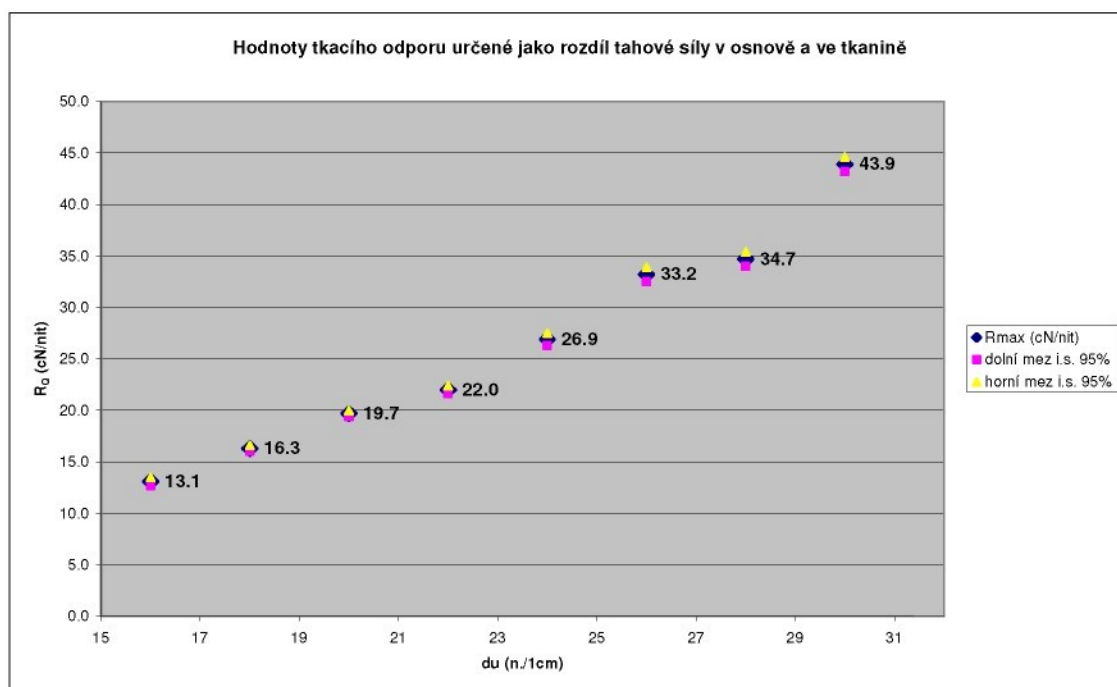
Jak již bylo dříve uvedeno, naměřená data byla pomocí obslužného programu měřicí ústředny exportována do souborů ve formátu ASCII. Data uložená v těchto souborech je možné importovat do tabulkového procesoru Excel a jejich další zpracování realizovat v tomto programu (viz. literatura [7]). V našem případě byly vytvořeny grafy časových závislostí měřených veličin v „okolí přírazu“ a dále bylo provedeno jejich zpracování s cílem vyjádřit maximální hodnoty tkacího odporu pro jednotlivé útkové dostavy. Grafy časových závislostí měřených veličin jsou pro jednotlivé útkové dostavy uspořádány v přílohách této práce. U každé útkové dostavy

jsou prezentovány grafy pro deset po sobě následujících přírazů. Dále popíšeme jednotlivé typy těchto grafů:

Graf označený jako „**Tahová síla v osnovní niti Q_1 a tahová síla ve tkanině Q_2** “ zobrazuje ve společném souřadném systému časovou závislost tahové síly v osnově Q_1 a ve tkanině Q_2 . V horní části tohoto grafu je zobrazena časová závislost signálu optočidla polohy paprsku v přední úvrati (označení: Příraz). Vyšší hodnoty této skokové závislosti představují polohu paprsku v přední úvrati. Pomocí svislých čar je v grafu vyznačen časový interval druhé fáze přírazu určený pomocí video-sekvencí rychlostní kamery (viz. kap. 2.4.1) Graf označený jako „**Rozdíl tahové síly v osnovní niti a ve tkanině $Q_1 - Q_2$** “ představuje časovou závislost rozdílu tahových sil v osnově a ve tkanině. Maximální hodnota tohoto rozdílu určuje dle rovnic (4) a (5) maximální hodnotu tkacího odporu. Tato hodnota je v tomto grafu uvedena formou „popisku“. Graf opět obsahuje „řadu“ znázorňující časovou závislost signálu optočidla polohy paprsku a je zde vyznačen časový interval druhé fáze přírazu. V následující tabulce č. 3 jsou uvedeny hodnoty maximálního tkacího odporu R_Q odečtené z výše popsaných grafů. Tyto hodnoty tedy představují hodnoty tkacího odporu stanovené dle kapitoly 1.4.2 (měření tkacího odporu jako rozdílu tahových sil v osnově a ve tkanině). V tabulce je dále uvedena průměrná hodnota tkacího odporu, směrodatná odchylka a interval spolehlivosti 95%. Průměrné hodnoty pro jednotlivé útkové dostavy jsou společně s horní a dolní mezí 95 procentního intervalu spolehlivosti znázorněny grafem na obrázku číslo 26.

Tab. 3 Hodnoty maximálního tkacího odporu R_Q
Maximální hodnota tkacího odporu R_Q (cN/nit)

Příraz	Útková dostava (nití/1cm)							
	30	28	26	24	22	20	18	16
1	43.34	36.14	34.96	26.20	21.50	19.04	16.26	13.90
2	45.64	34.07	33.70	27.85	22.81	20.18	16.62	13.07
3	43.46	35.54	34.83	26.93	21.40	19.52	15.74	13.38
4	45.31	34.18	32.56	28.42	22.53	20.33	16.33	12.91
5	42.14	36.09	33.10	26.01	21.83	19.70	15.97	13.70
6	44.99	34.04	32.22	27.03	22.30	19.82	17.08	13.00
7	42.62	34.85	33.75	25.44	21.01	19.60	15.73	13.52
8	44.22	33.04	32.39	27.56	22.34	20.02	16.23	11.84
9	43.12	35.13	33.21	26.18	21.53	19.19	15.87	13.19
10	44.59	33.42	31.37	27.30	22.93	19.68	17.23	12.64
Průměr	43.94	34.65	33.21	26.89	22.02	19.71	16.31	13.12
Směr. od.	1.18	1.07	1.14	0.93	0.65	0.41	0.53	0.59
IS 95 %	0.73	0.67	0.71	0.58	0.41	0.25	0.33	0.36



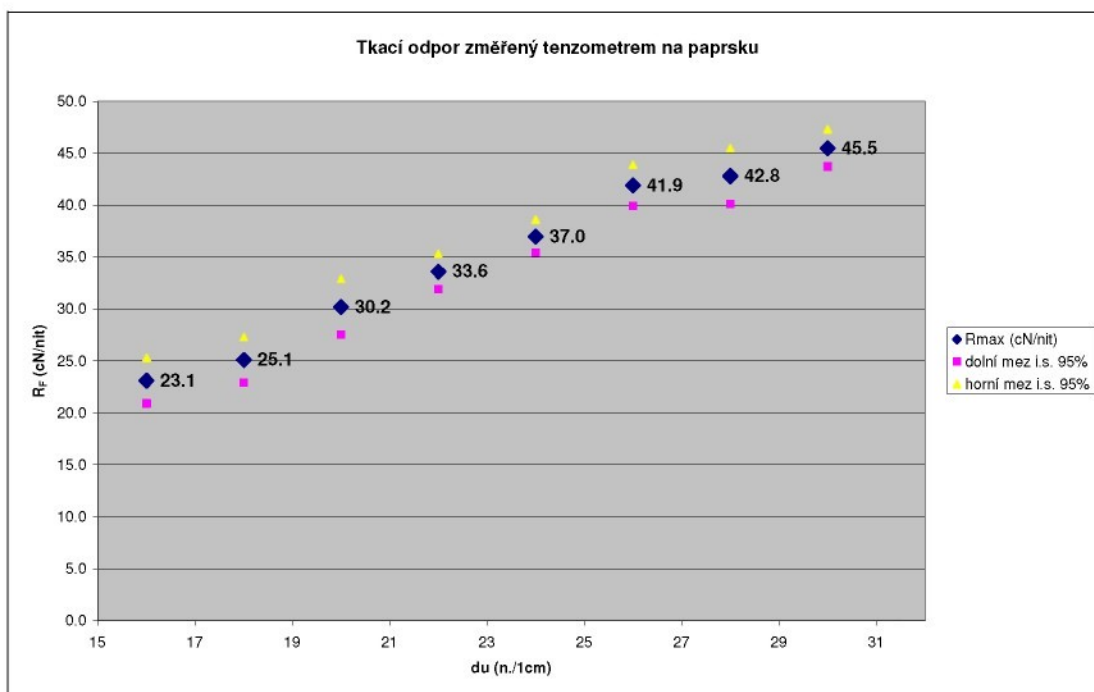
Obr: 26 Maximální hodnoty tkacího odporu R_Q

Graf označený jako „Síla na paprsku při tkaní s tkaninou F_{du} a bez tkaniny F_0 “ představuje časovou závislost síly F_{du} změřené tenzometrem na paprsku při výrobě tkaniny s určitou útkovou dostavou (index „ du “ zde představuje danou útkovou dostavu

– viz. kap. 2.3) a časovou závislost síly F_0 , tj. síly která byla změřena při „nulové“ útkové dostavě (viz. režim chodu tkacího stroje popsany v kap. 2.3). V následujícím grafu označeném jako „Rozdíl na paprsku při tkaní s tkaninou a bez tkaniny $F_{du} - F_0$ “ je znázorněna časová závislost rozdílu těchto sil. V horní části obou grafů je zobrazena časová závislost signálu optočidla polohy paprsku a dále je zde vyznačen časový interval druhé fáze přirazu. Maximální hodnota rozdílu sil $F_{du} - F_0$ určuje maximální hodnotu tkacího odporu R_F změřenou dle kapitoly 1.4.1 (přímé měření tkacího odporu). Proto je tato hodnota uvedena formou popisku ve spodním grafu. Hodnoty maximálního tkacího odporu R_F odečtené z těchto grafů jsou uvedeny v následující tabulce č. 4. V tabulce je opět pro jednotlivé útkové dostavy uvedena průměrná hodnota, směrodatná odchylka a interval spolehlivosti 95%. Průměrné hodnoty pro jednotlivé útkové dostavy jsou společně s horní a dolní mezí 95 procentního intervalu spolehlivosti znázorněny grafem na obrázku číslo 27.

Tab. 4 Hodnoty maximálního tkacího odporu R_F

Maximální hodnota tkacího odporu R_F (cN/nit)								
Přiraz	Útková dostava (nití/1cm)							
	30	28	26	24	22	20	18	16
1	47.11	42.07	49.20	38.79	30.72	35.61	25.66	20.12
2	46.90	47.15	45.46	39.11	35.28	31.07	26.11	22.84
3	43.30	44.82	41.87	35.13	36.48	28.94	30.94	27.60
4	43.30	37.93	38.67	35.39	34.01	25.72	26.40	19.28
5	45.53	38.64	39.48	32.95	32.25	24.04	18.57	23.06
6	51.75	39.74	40.12	37.16	33.32	32.87	27.12	20.34
7	45.06	41.94	40.90	36.27	34.67	30.38	22.57	26.53
8	43.08	50.69	42.28	41.38	37.59	38.02	21.10	29.30
9	42.22	38.73	40.79	34.66	28.03	26.86	24.77	21.08
10	46.74	46.23	39.78	39.02	34.01	28.01	27.80	21.20
Průměr	45.50	42.79	41.86	36.99	33.64	30.15	25.10	23.14
Směr. od.	2.82	4.28	3.20	2.57	2.78	4.40	3.55	3.48
IS 95%	1.75	2.66	1.98	1.59	1.73	2.72	2.20	2.16



Obr. 27 Maximální hodnoty tkacího odporu R_F

Graf označený jako „**Zrychlení na paprsku při tkaní s tkaninou a_{du} a při tkaní bez tkaniny a_0** “ představuje časovou závislost zrychlení a_{du} změřené snímačem na horní vazbě paprsku při výrobě tkaniny s určitou útkovou dostavou (index „du“ zde představuje danou útkovou dostavu – viz. kap. 2.3) a časovou závislost zrychlení a_0 , tj. zrychlení které bylo změřeno při „nulové“ útkové dostavě (viz. režim chodu tkacího stroje popsany v kap. 2.3). V následujícím grafu označeném jako „**Rozdíl zrychlení na paprsku při tkaní s tkaninou a bez tkaniny $a_{du} - a_0$** “ je znázorněna časová závislost rozdílu těchto zrychlení. V horní části obou grafů je zobrazena časová závislost signálu optočidla polohy paprsku a dále je zde vyznačen časový interval druhé fáze přírazu.

Maximální hodnoty rozdílu zrychlení $a_{du} - a_0$, které by dle kapitoly 1.4.3 (stanovení přírazné síly na základě „Newtonova zákona síly“) měli být úměrné maximální hodnotě tkacího odporu nejsou ve spodním grafu uvedeny. Z grafů totiž vyplývá, že v řadě případů tato maxima nejsou dosažena v časovém intervalu druhé fáze přírazu (př.: 9. příraz, útková dostava 30 n./cm,...). Tento jev je pravděpodobně způsoben kmitáním horní vazby paprsku, které je poměrně složité. Dynamické síly a tkací odpor vybudí rozkmitání horní vazby paprsku s relativně velkými amplitudami a malým tlumením. Vyjádření veličiny úměrné tkacímu odporu rozdílem tečného

zrychlení horní vazby paprsku při tkaní s tkaninou a bez tkaniny $a_{du} - a_0$ není z naměřených průběhů realizovatelné. Je zřejmé, že upevnění snímače zrychlení na horní vazbu paprsku není pro tyto účely vhodné. Z těchto důvodů nejsou naměřené hodnoty zrychlení v této práci dále analyzovány.

3. Souvislost tkacího odporu s útkovou dostavou

V této části analyzujeme vzájemnou souvislost tkacího odporu s útkovou dostavou na základě naměřených dat a s využitím regresních metod.

V experimentální části práce se podařilo změřit tkací odpor pro jednotlivé útkové dostavy dvěma různými způsoby. Souvislost tkacího odporu s útkovou dostavou bude analyzována samostatně pro hodnoty R_Q určené na základě rozdílu tahové síly v osnově a ve tkanině a pro hodnoty R_F stanovené přímým měřením přírazné síly tenzometrem na paprsku. Regresní analýza byla realizována v prostředí programu Mathematica 5.2 (viz. literatura [8] a [9]) s využitím standardních knihoven, jež umožňují prokládat naměřenými hodnotami analytickou funkci metodou nejmenších čtverců a vyjádřit korelační koeficient R^2 . Je zřejmé, že souvislost tkacího odporu s útkovou dostavou je nutné vyjádřit rostoucí funkcí. Vzhledem k poznatkům uvedeným v teoretické části práce budeme testovat následující typy závislostí:

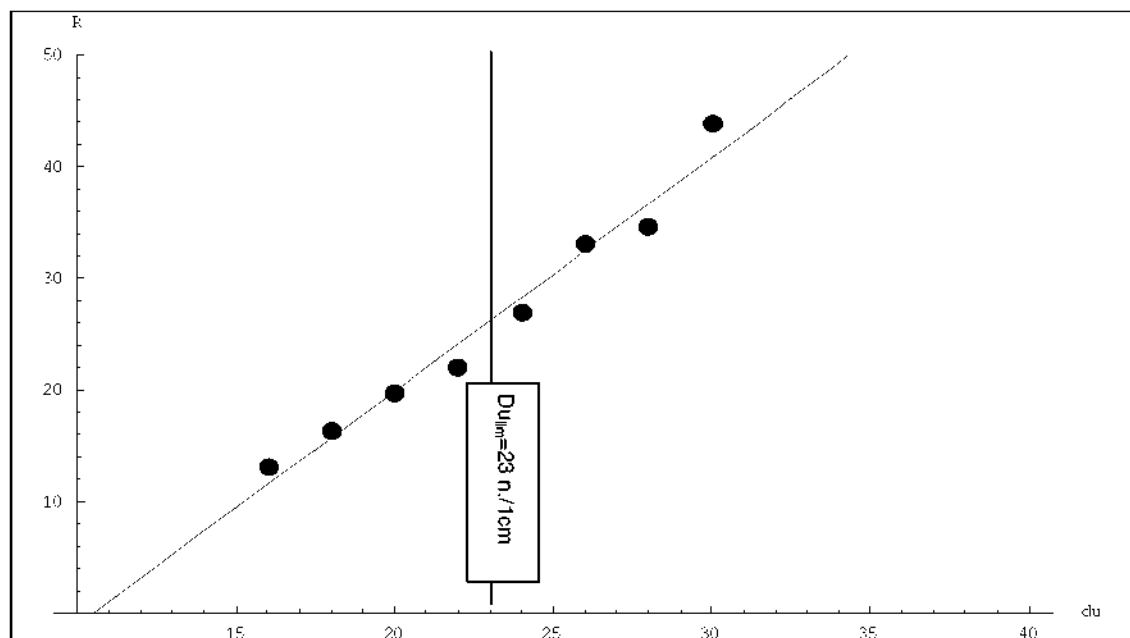
- lineární závislost (nejjednodušší forma),
- exponenciální funkce (prověření korektnosti použití Eulerova vztahu dle kapitoly 1.3)
- kvadratická závislost – polynom druhého řádu bez lineárního členu
- Brierlyho závislost (prověření Brierleyho teorie dle kapitoly 1.2)

3.1 Analýza hodnot tkacího odporu určených jako rozdíl tahové síly v osnově a ve tkanině.

Lineární závislost:

Naměřenými hodnotami byla metodou nejmenších čtverců proložena přímka. Regresní rovnice této přímky je $R_Q = 2,1019 \cdot d_U - 22,1012$ a korelační koeficient $R^2 = 0,97016$. Průsečík této přímky s osou d_U je určen hodnotou 10,5 útků/cm. Tato hodnota má souvislost s „fiktivní“ ukládací polohou útko A_U vyznačenou na obrázku 5 v kapitole 1.3 ($A=1/d_U$). Na obrázku číslo 28 jsou ve společném souřadném systému

vyznačeny naměřené hodnoty a regresní přímka. Na vodorovné ose je vyznačena přibližná hodnota limitní útkové dostavy vypočtená dle Brierleyova modelu¹.



Obr. 28 Regresní přímka

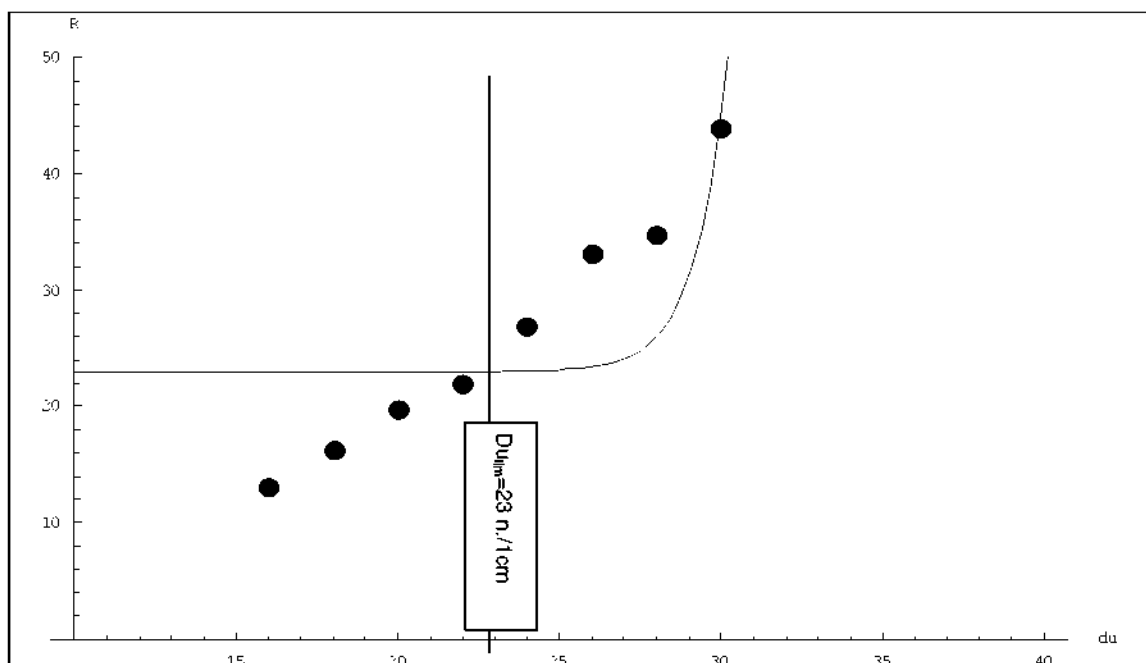
Exponenciální funkce

V kapitole 1.3 byla vyjádřena vzájemná souvislost tkacího odporu s útkovou dostavou exponenciální funkcí – viz. rovnice (14) a (19). Tato závislost byla vyjádřena užitím Eulerova vztahu a dalších zjednodušujících podmínek. Proložení exponenciální funkce naměřenými hodnotami prověříme korektnost použití tohoto vztahu při vyjádření vzájemné souvislosti mezi tkacím odporem a útkovou dostavou dle kapitoly 1.3.

Naměřenými hodnotami byla metodou nejmenších čtverců proložena exponenciální funkce, jejíž regresní rovnice je $R_Q = 2,0826 \cdot 10^{-12} \cdot e^{d_v} + 23.0077$ a

¹ Způsob výpočtu limitní útkové dostavy je popsán v dodatku (str . 58)

korelační koeficient $R^2 = 0,55165$. Na obrázku číslo 29 jsou ve společném souřadném systému vyznačeny naměřené hodnoty a exponenciální funkce.

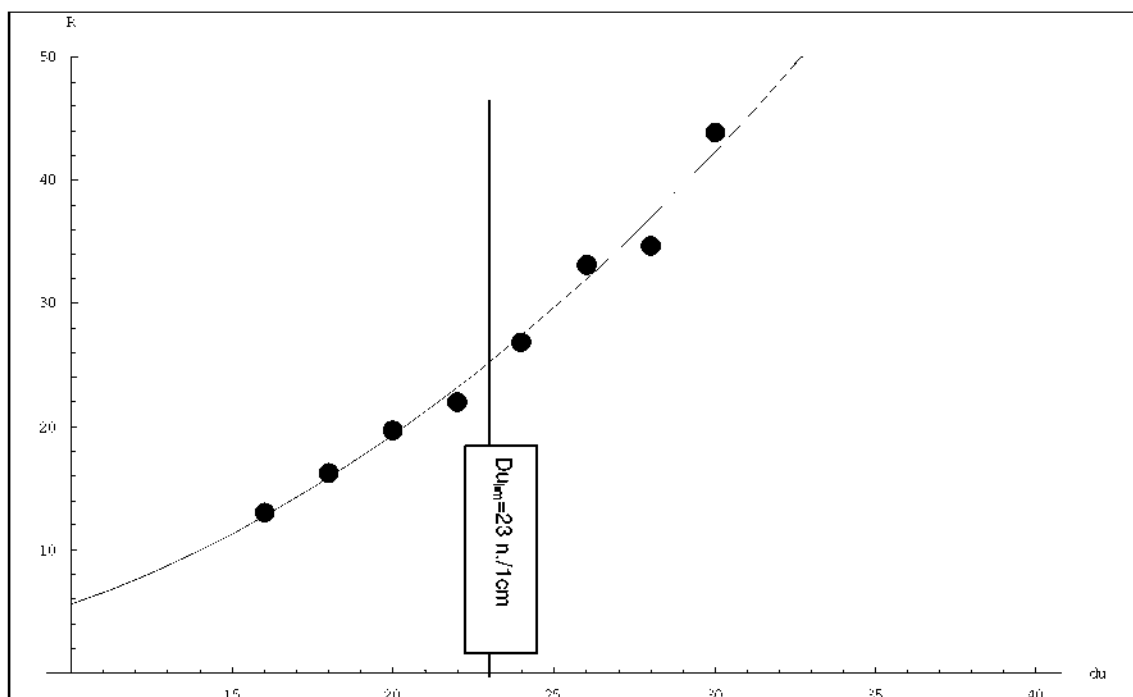


Obr. 29 Exponenciální funkce

Hodnota korelačního koeficientu se v případě exponenciální funkce výrazně odchyluje od hodnoty 1. Je zřejmé, že v našem případě nelze exponenciální funkci pro vyjádření závislosti tkacího odporu na útkové dostavě použít. Použití Eulerova vztahu a dalších zjednodušujících předpokladů v kapitole 1.3, není pravděpodobně příliš korektní. Příčiny těchto rozdílů jsou diskutovány v kapitole 4.1.

Kvadratická závislost

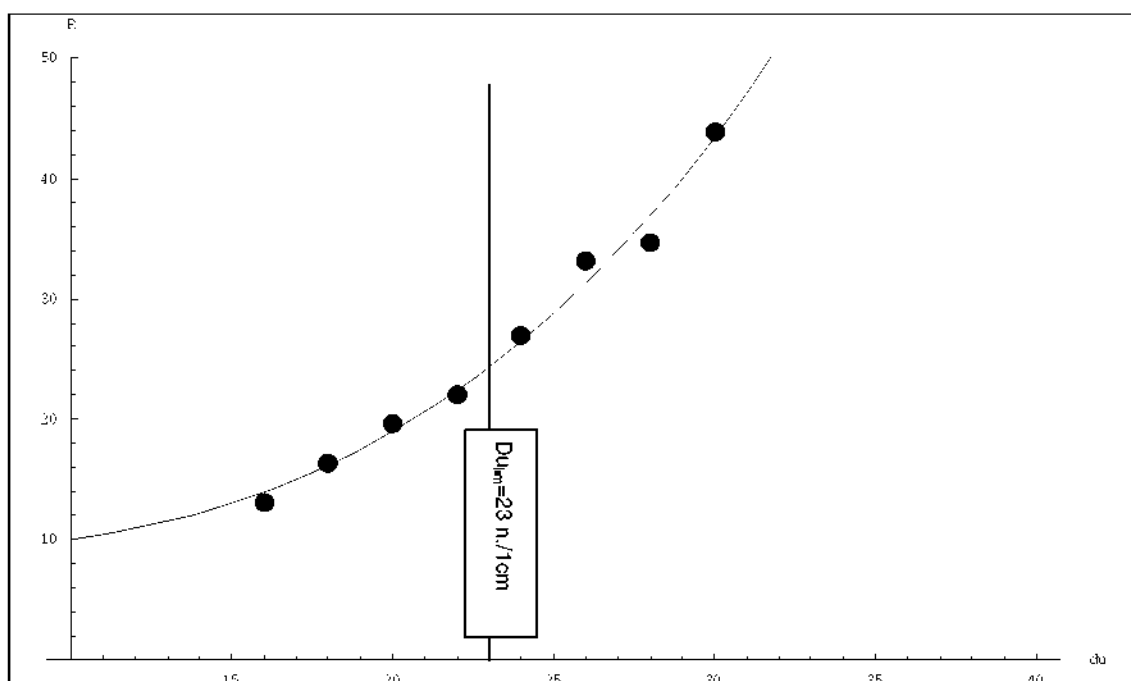
V tomto případě byla naměřenými hodnotami proložena parabola. Její regresní rovnice je $R_Q = 0,0459 \cdot d_U^2 + 1,0032$ a korelační koeficient $R^2 = 0,98521$. Na obrázku číslo 30 jsou ve společném souřadném systému vyznačeny naměřené hodnoty a kvadratická funkce.



Obr. 30 Kvadratická funkce

Brierleyho závislost

Dle Brierleyho teorie roste tkací odpor se třetí mocninou útkové dostavy – viz. rovnice (6) a (7) v kapitole 1.2. Proto byl naměřenými hodnotami proložen polynom třetího řádu bez lineárního a kvadratického členu. Rovnice tohoto polynomu je $R_Q = 0,001286.d_U^3 + 8.71317$ a korelační koeficient $R^2 = 0,98639$. Na obrázku číslo 31 jsou ve společném souřadném systému vyznačeny naměřené hodnoty a polynom třetího řádu.



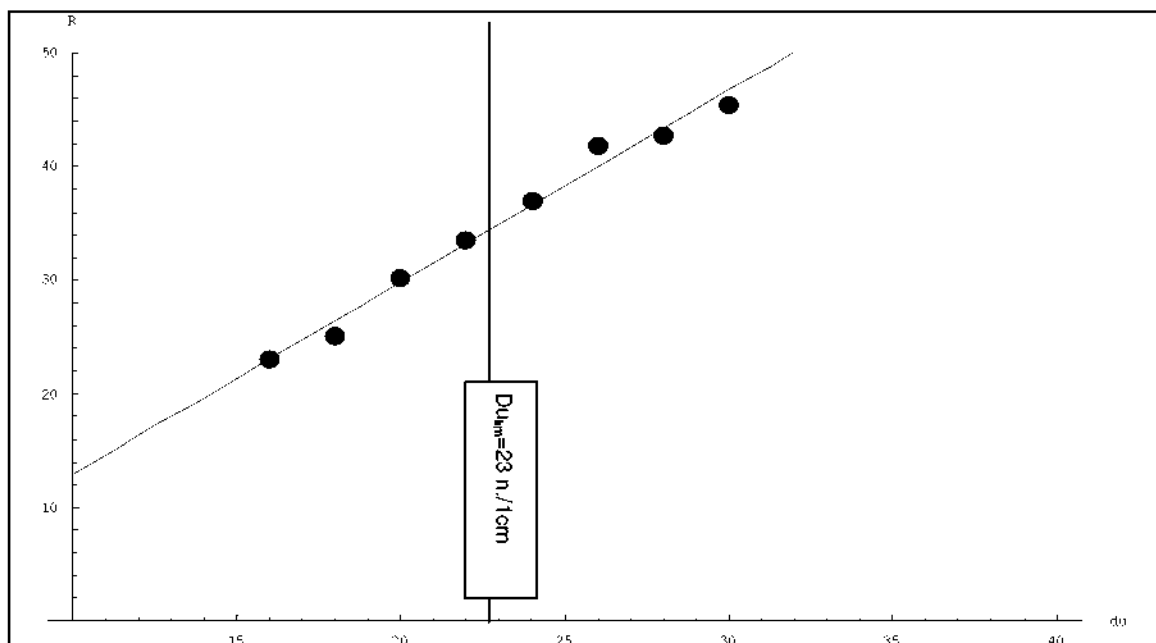
Obr. 31 Polynom třetího řádu

3.2 Analýza hodnot tkacího odporu určených přímým měřením tenzometrem na paprsku.

V tomto případě budeme postupovat obdobným způsobem jako v kapitole 3.1 a naměřenými hodnotami postupně proložíme lineární funkci, exponenciální funkci, kvadratickou funkci a polynom třetího řádu.

Lineární závislost

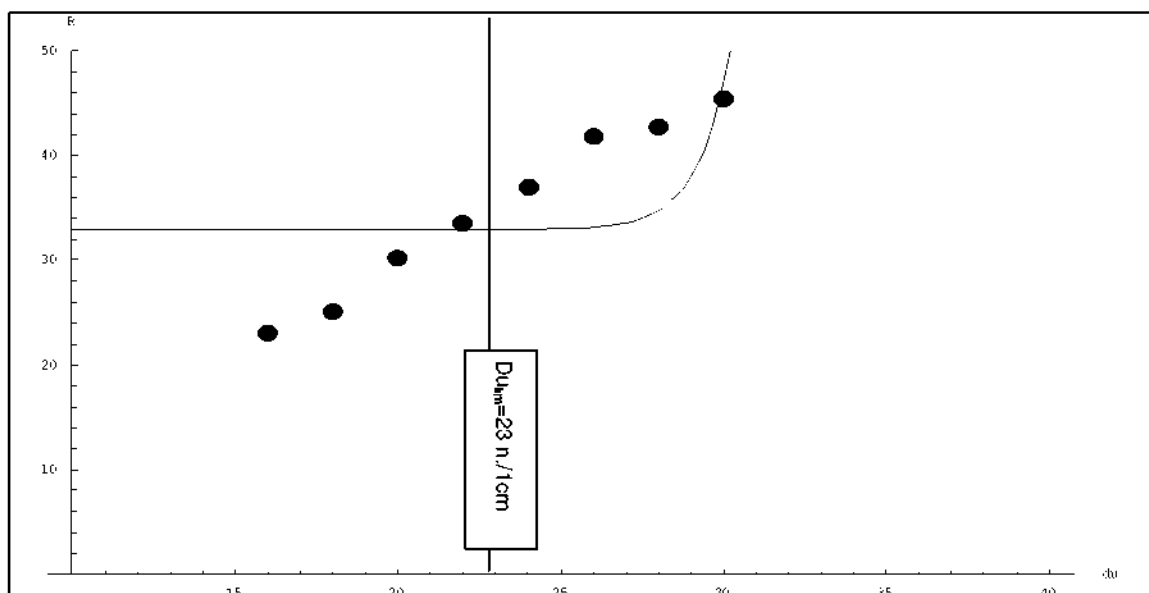
Naměřenými hodnotami byla metodou nejmenších čtverců proložena přímka. Regresní rovnice této přímky je $R_F = 1,6893 \cdot d_U - 3,9536$ a korelační koeficient $R^2 = 0,98395$. Průsečík této přímky s osou d_U je určen hodnotou 2,3 útků/1cm. Na obrázku číslo 32 jsou ve společném souřadném systému vyznačeny naměřené hodnoty a regresní přímka.



Obr. 32 Regresní přímka

Exponenciální funkce

Naměřenými hodnotami byla metodou nejmenších čtverců proložena exponenciální funkce, jejíž regresní rovnice je $R_F = 1,2970 \cdot 10^{-12} \cdot e^{du} + 32.8962$ a korelační koeficient $R^2 = 0,33573$. Na obrázku číslo 33 jsou ve společném souřadném systému vyznačeny naměřené hodnoty a exponenciální funkce.

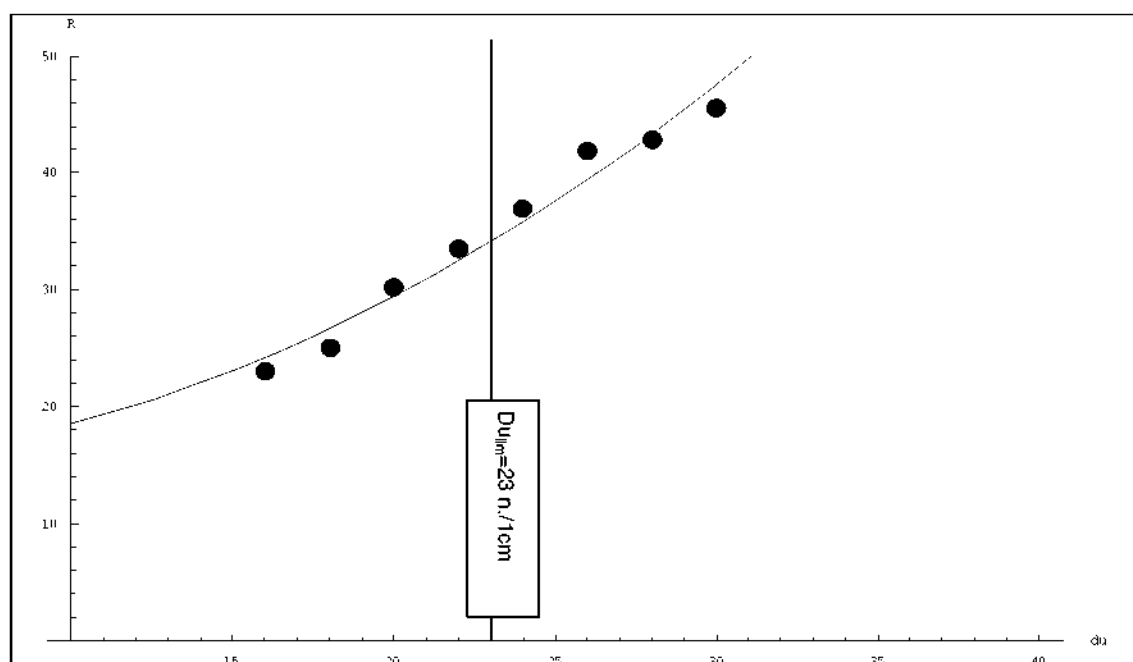


Obr. 33 Exponenciální funkce

Výsledky regrese pro exponenciální funkci jsou v tomto případě obdobné jako v kapitole 3.1. Exponenciální funkci nelze pro vyjádření závislosti tkacího odporu na útkové dostavě použít. Diskuse tohoto výsledku bude provedena v kapitole 4.1.

Kvadratická závislost

V tomto případě byla naměřenými hodnotami proložena parabola. Její regresní rovnice je $R_F = 0,0362.d_U^2 + 14,9838$ a korelační koeficient $R^2 = 0,96392$. Na obrázku číslo 34 jsou ve společném souřadném systému vyznačeny naměřené hodnoty a kvadratická funkce.

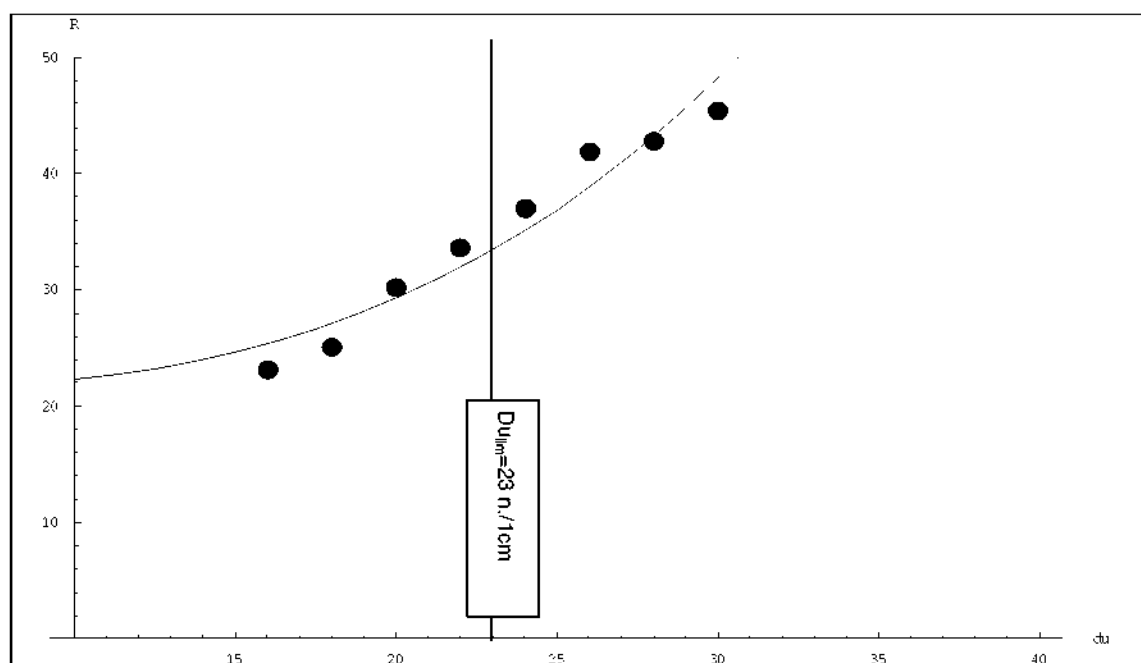


Obr. 34 Kvadratická funkce

Brierleyho závislost

Dle Brierleyho teorie roste tkací odpor se třetí mocninou útkové dostavy – viz rovnice (6) a (7) v kapitole 1.2. Proto byl naměřenými hodnotami proložen polynom třetího řádu bez lineárního a kvadratického členu. Rovnice tohoto polynomu je $R_F = 0,000997.d_U^3 + 21,3187$ a korelační koeficient $R^2 = 0,93095$. Na obrázku číslo 35

jsou ve společném souřadném systému vyznačeny naměřené hodnoty a polynom třetího řádu.



Obr. 35 Polynom třetího řádu

4. Závěr a diskuse výsledků

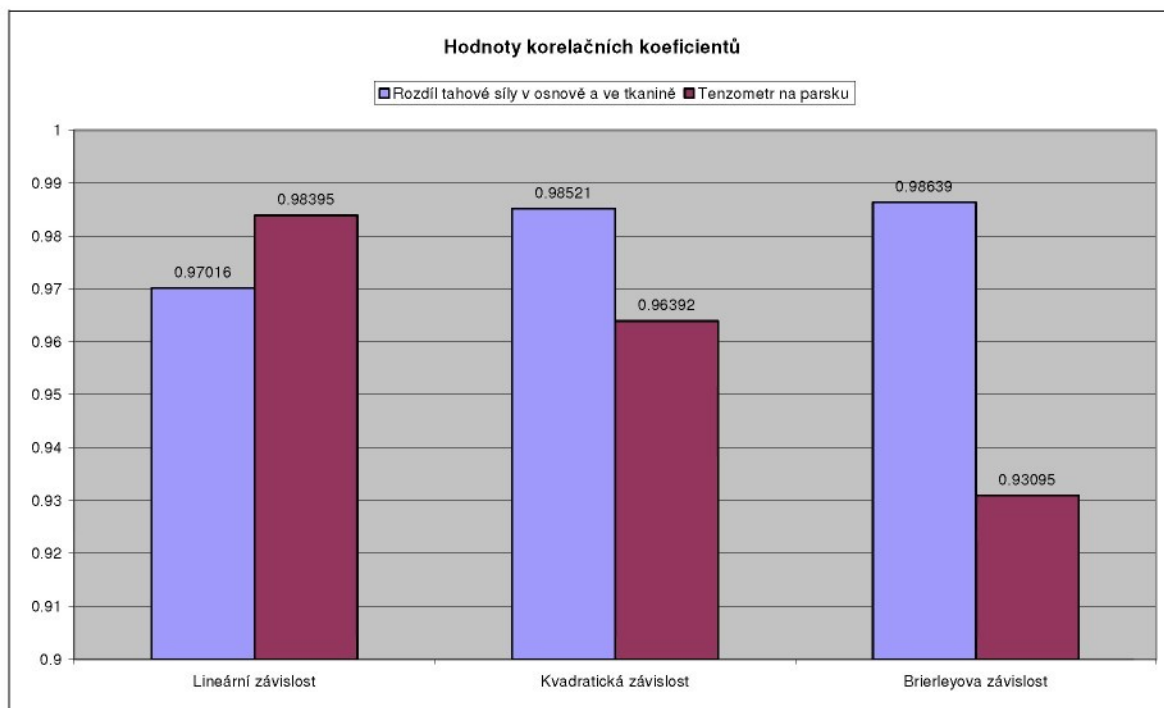
V této části jsou vzájemně konfrontovány teoretické a experimentální poznatky. Dále jsou zde porovnány hodnoty tkacího odporu naměřené různými způsoby a na základě výsledků jsou navržené způsoby měření tkacího odporu zhodnoceny.

4.1 Konfrontace teoretických a experimentálních poznatků

Výsledky analýzy naměřených dat prezentované v kapitole 3.1 a 3.2 prokazují, že exponenciální funkce není vhodná pro vyjádření závislosti tkacího odporu na útkové dostavě. V kapitole 1.3 byla teoreticky popsána tato závislost exponenciální funkcí. Při teoretickém popisu byl použit Eulerův vztah a další zjednodušující předpoklady (nedochází k deformaci průřezu nití, je zanedbána jejich ohybová tuhost, je zanedbána hmotnost textilního materiálu). Konfrontace naměřených dat s touto teorií ukazuje, že použití Eulerova vztahu není příliš korektní. Domnívám se, že prvotní příčinou tohoto jevu je deformace průřezu útkových nití během přirazu. Během přirazu není zachován kruhový průřez útkové nitě dle obrázku 5 a vzájemné vyjádření vztahu mezi vnitřní silou v osnově a ve tkanině dle rovnice 11 neodpovídá realitě.

Hodnoty korelačních koeficientů u ostatních testovaných typů závislostí jsou znázorněny formou sloupcového grafu na obrázku číslo 36. V grafu jsou prezentovány hodnoty korelačních koeficientů uvedených v kapitole 3.1 (označení v grafu: „rozdíl tahové síly v osnově a ve tkanině“) a v kapitole 3.2 (označení v grafu: „tenzometr na paprsku“).

V případě korelačních koeficientů, které byly získány analýzou hodnot tkacího odporu R_Q („rozdíl tahové síly v osnově a ve tkanině“) se hodnotě 1 nejvíce blíží korelační koeficient „Brierleyovy závislosti“. V tomto případě tedy „Brierleyova závislost“ popisuje vzájemný vztah mezi tkacím odporem a útkovou dostavou nejlépe. Nejnižší hodnotu korelačního koeficientu zde vykazuje „lineární závislost“.



Obr. 36 Hodnoty korelačních koeficientů pro jednotlivé typy závislostí

V případě korelačních koeficientů, které byly získány analýzou hodnot tkacího odporu R_F , byla nejvyšší hodnota zaznamenána u „lineární závislosti“ a nejnižší hodnota u „Brierleyovy závislosti“. Tato skutečnost je pravděpodobně způsobena tím, že měření přírazné síly tenzometrem na paprsku je v oblasti malých útkových dostav poměrně problematické (viz. kapitola 4.2).

Realizace experimentálních měření rovněž prokázala, že jsme schopni dosáhnout výrazně vyšší útkové dostavy než je tzv. limitní dostava dle Brierleyho teorie (viz. obr 28 až 35). Domnívám se, že příčinou tohoto jevu může být opět deformace průřezu útkových nití při přírazu.

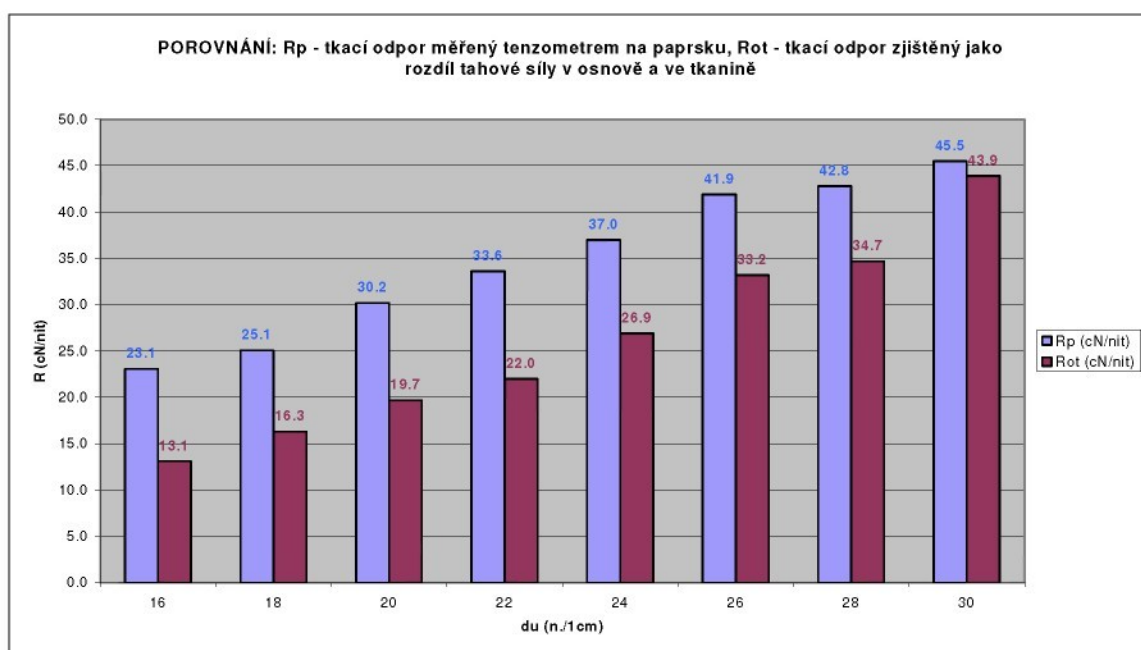
4.2 Porovnání jednotlivých způsobů měření tkacího odporu

Jak již bylo uvedeno v závěru kapitoly 2.4.2, není možné naměřené hodnoty hodnoty tečného zrychlení horní vazby paprsku využít pro vyjádření veličiny úměrné tkacímu odporu. Stanovení přírazné síly na základě „Newtonova zákona síly“ v kapitole 1.4.3 nebylo v této práci realizováno.

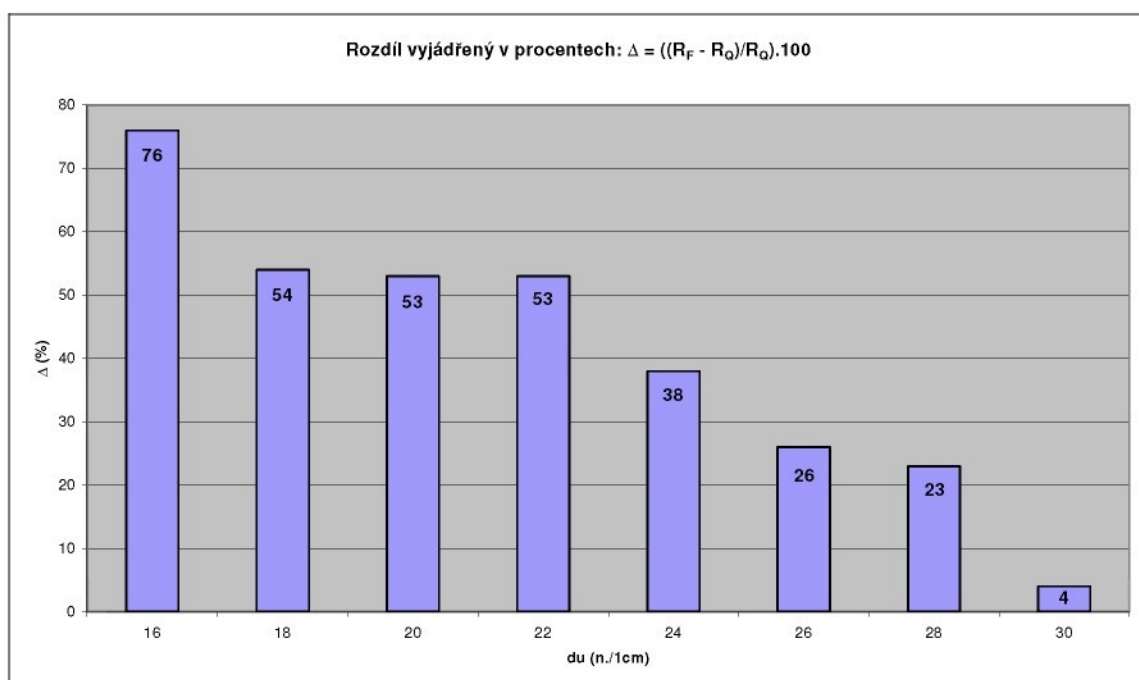
V této části se proto zaměříme na vzájemné porovnání hodnot tkacího odporu

R_Q , jež byly určeny jako rozdíl tahové síly v osnově a ve tkanině a hodnot tkacího odporu R_F , jež byly měřeny tenzometrem na paprsku. Sloupcový graf na obrázku číslo 37 znázorňuje hodnoty, které byly získány oběma způsoby měření a graf na obrázku číslo 38 znázorňuje rozdíl mezi těmito hodnotami vyjádřený v procentech:

$$\Delta = \frac{R_F - R_Q}{R_Q} \cdot 100(\%)$$



Obr. 37 Hodnoty tkacího odporu naměřené oběma způsoby



Obr. 38 Rozdíl vyjádřený v procentech

Z výše uvedených údajů je zřejmé, že shoda obou způsobů měření je poměrně dobrá v oblasti vyšších útkových dostav. Rozdíly se však dramaticky zvyšují s klesající útkovou dostavou. Na základě zjištěných skutečností se domnívám, že tento jev je způsoben nepřesným měřením tkacího odporu tenzometrem na paprsku v oblasti malých útkových dostav. Jak již bylo dříve uvedeno, působí na paprsek značné dynamické síly. Proto je nutné realizovat měření ve dvou různých režimech chodu tkacího stroje (viz kapitola 1.4.1). V oblasti malých útkových dostav je hodnota tkacího odporu vůči dynamickým silám malá, tj. dominantní úlohu zde hrají právě dynamické síly a vyjádření tkacího odporu dle kapitoly 1.4.1 je obtížné. V oblasti vysokých útkových dostav, kde význam tkacího odporu vůči působícím dynamickým silám narůstá jsou hodnoty tkacího odporu naměřené tenzometrem na paprsku reálnější. Tento způsob měření je tedy použitelná pouze v oblasti vysokých útkových dostav. Těmito skutečnostmi lze vysvětlit také „trend“ vývoje hodnot korelačních koeficientů u jednotlivých typů závislostí (viz. obr. 36 v kapitole 4.1). Dle mého názoru nelze očekávat, že závislost tkacího odporu na útkové dostavě lze ideálně vyjádřit lineární funkcí. Tento rozpor je pravděpodobně způsoben tím, že hodnoty R_F se v oblasti nižších útkových dostav odchyľují od reality výrazněji a proto je celý trend závislosti tkacího odporu na útkové dostavě výrazně zkreslen.

Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem se domnívám, že hodnoty tkacího odporu R_Q , které byly zjištěny jako rozdíl tahové síly v osnově a ve tkanině (viz kapitola 1.4.2) se více blíží realitě a tento způsob měření tkacího odporu je pro účely vyhodnocování vzájemné souvislosti mezi tkacím odporem a útkovou dostavou vhodnější, než měření pomocí tenzometru na paprsku.

5. Závěrečné shrnutí a doporučení dalšího postupu při řešení dané problematiky.

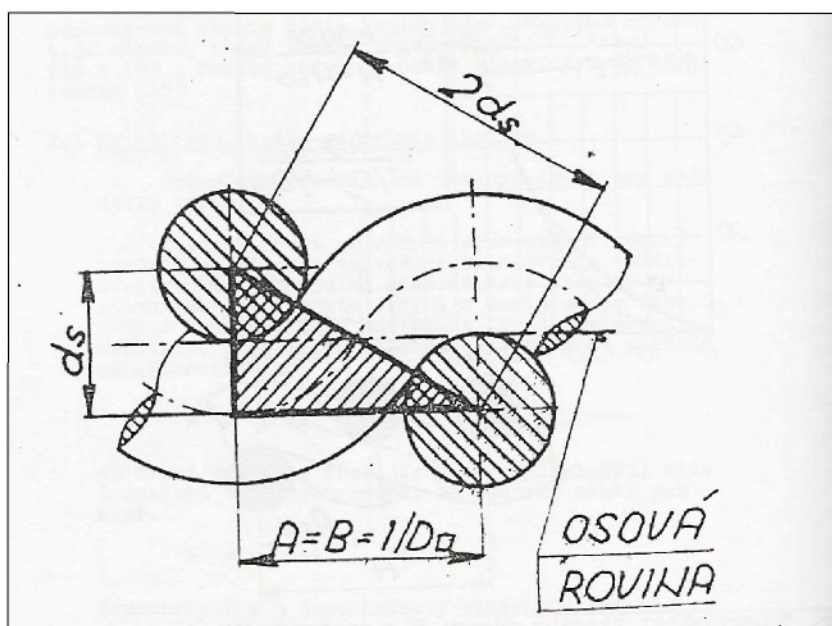
V této práci se podařilo navrhnout a prověřit vhodný způsob měření tkacího odporu. Pro účely analýzy vzájemné souvislosti mezi tkacím odporem a útkovou dostavou doporučuji dále používat způsob měření tkacího odporu popsany v kapitole 1.4.2, tj. měření tkacího odporu jako rozdílu tahové síly v osnově a ve tkanině.

Při konfrontaci teoretických a experimentálních výsledků byly zjištěny určité rozpory a to především v modelu formulovaném v kapitole 1.3. Tyto rozpory jsou dle mého názoru způsobeny především deformací průřezu útku během procesu přírazu. Proto navrhuji, aby se další teoretický popis procesu přírazu ubíral především směrem analýzy deformace tohoto průřezu, případně směrem analýzy dalších zjednodušujících předpokladů uvedených v kapitole 1.3.1. Bude nutné vytvořit reálnější teoretický model procesu přírazu a navrhnout vhodný matematický popis. Zde je možné využít poznatků jež byly formulovány v literatuře [4]. Zde je řešení realizováno pomocí numerických metod. V tomto případě však bude pravděpodobně nutné rezignovat na snahu o vyjádření vzájemné souvislosti mezi tkacím odporem a útkovou dostavou analytickou funkcí.

Zajímavým zjištěním je i skutečnost, že klasická „Brierleyova teorie“ (viz. kapitola 1.2) obstála při konfrontaci s naměřenými hodnotami velmi dobře a s testovaných závislostí se polynom třetího stupně projevil pro vyjádření vzájemné souvislosti mezi tkacím odporem a útkovou dostavou jako nejvhodnější.

Při realizaci experimentálních měření se podařilo v krátkodobém provozu bezproblémově setkat tkaniny s vyšší útkovou dostavou než je limitní dostava dle „Brierleyovy teorie“ (viz. dodatek str. 58) Další upřesnění teoretického modelu procesu přírazu může napomoci při vysvětlení tohoto jevu.

Dodatek: Limitní dostava dle Brierley.



Obr. 39 Limitní dostava dle Brierleyho

Výše uvedený obrázek znázorňuje tzv. limitní rozestup nití, který je dle Brierleyho možné ve tkanině dosáhnout. Tvar provazující nitě je zde nahrazen dvěma oblouky. Z pravoúhlého trojúhelníku naznačeného na obrázku číslo 39 vyplývá dle Pythagorovy věty tento vztah pro limitní rozestup.

$$A_{\text{lim}} = \sqrt{4d_s^2 - d_s^2} = \sqrt{3d_s^2} = d_s \sqrt{3}, (\text{mm}) \quad (21)$$

kde platí $d_s = (d_1 + d_2)/2$

a d_1 – průměr osnovy [mm]

d_2 – průměr útku [mm]

A_{lim} – limitní rozestup útkových nití [mm]

a pro takzvanou limitní dostavu platí:

$$D_{\text{lim}} = \frac{10}{A_{\text{lim}}} (\text{nití} / 1\text{cm}) \quad (22)$$

kde D_{lim} – limitní dostava (nití/1cm).

Pro stanovení limitní dostavy je tedy nutné určit průměr osnovních nití d_1 a průměr útkových nití d_2 .

Pro stanovení průměru nití použijeme vztah uvedený v literatuře [10]

$$d_2 = \sqrt{\frac{4T10^{-6}}{\pi\rho\mu}} 10^3, (mm) \quad (23)$$

kde T – jemnost [tex]

ρ – měrná hmotnost [kg.m^{-3}]

μ – zaplnění [1].

V našem případě byl v útku použit materiál ze stoprocentní bavlny o jemnosti $T = 25 \text{ tex}$ (viz 2.1.1). Měrná hmotnost bavlny $\rho = 1550 \text{ kg/m}^3$ (viz.lit.[11]) a zaplnění průřezu příraze vláknem $\mu = 0,522$ (viz. lit.[10]). Dosazením těchto hodnot do vztahu (23), vypočteme průměr útkové nitě $d_2 = 0,1997 \text{ mm}$.

V osnově byl použit směsový materiál, který se skládá z bavlny (45 %) a polyesteru (55 %). Osnovní nitě jsou dvojmoskané a jemnost jednotlivé nitě $T = 14,5 \text{ tex}$. Vzhledem k tomu, že se jedná o dvojmoskanou přízi vyjádříme její průměr přibližně jako dvojnásobek jednoduché příze, tj. podle vztahu (24).

$$d_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{4T10^{-6}}{\pi\rho\mu}} 10^3, (mm) \quad (24)$$

Měrná hmotnost materiálu je v tomto případě $\rho = 1456 \text{ kg/m}^3$ (viz. lit.[11]) a zaplnění průřezu příze vláknem $\mu = 0,57$ (viz. lit. [10]). Dosazením těchto hodnot do vztahu (24), vypočteme průměr osnovní nitě $d_1 = 0,2983 \text{ mm}$.

Potom můžeme určit střední průměr $d_s = (d_1 + d_2)/2 = 0,249 \text{ mm}$. Limitní rozestup určený dle rovnice (21) má v našem případě hodnotu $A_{\text{lim}} = 0,43123 \text{ mm}$ a limitní útková dostava určená dle vztahu (22) má hodnotu $D_{\text{lim}} = 23 \text{ nití/1 cm}$.

Literatura:

- [1] Nosek, S.: Struktura a geometrie tkanin, VÚB Ústí nad Orlicí, 1974
 - [2] Nosek, S.: Teorie tkacího procesu – 1.díl, Dům techniky Pardubice, 1988
 - [3] Tumajer, P., Brotz, I.: Influence of weft sett on weaving resistance, In *4th Central European Conference* [CD-ROM], září 2005, Liberec, Česká Republika
 - [4] Dvořák, J.: Tkací proces a stroj, TU-Liberec, 2006
 - [5] Tumajer, P., Brotz, I., Cvrkal, A.: Experimentální měření na tkacím stroji, In *Sborník 25. konference Quo Vadis Textrinum*, st. 107 až 119, duben 2004, Slovensko
 - [6] Tumajer, P., Brotz, I., Cvrkal, A.: Measurement of the beat-up force on a weaving machine, In *5th World Textile Conference AUTEX Proceedings*, st. 721 až 726, červen 2005, Slovensko
 - [7] Brož, M.: Mistrovství v MS Excel 2000, Computer Press, Praha, 2000
 - [8] Wolfram, S.: The Mathematica book, 1999
 - [9] Rektorys, K: Přehled užití Matematiky I, II, Prometheus, Praha, 1995
 - [10] Kovář R. : Struktura a vlastnosti plošných textilií, TU Liberec 2002
 - [11] Talavášek O., Plíštil J. : Příprava materiálu ke tkaní, SNTL Praha 1984
 - [12] Dostálová M., Krivánková M. : Základy textilní a oděvní výroby, TU Liberec 1998
 - [13] <http://www.zbrojovkaztm.cz/oldmachines.php>
 - [14] <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktt/default.htm>
-

