TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta Textilní

DIPLOMOVÁ PRÁCE

RYCHLOST PROHOZU ŠPIČKY ÚTKU NA PNEUMATICKÉM STAVU

Liberec 1995

KHEDHIRA ABDELWAHEB

Technická Univerzita V Liberci

Fakula Textilní

Obor 31-12-8

Technologie Textilu A Oděvnictví

Technologie Tkaní

Rychlost Prohozu Špičky Útku Na Pneumatickém Stavu

Khedhira Abdelwaheb

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI
3146065611

Vedoucí Práce: Prof. Stanislav Nosek

Vedoucí Katedry Tkaní

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra tkalcovství Školní rok: 1993/1994

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Abdul K H E D I R A

obor 31-12-8 technologie textilu a oděvnictví

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Rychlost prohozu špičky útku na pneumatickém stavu a srovnávání s teoretickými vztahy

Zásady pro vypracování:

1. Úvod teoretický: pracovní hypotéza
2. Zjištění parametrů pohybu útku
3. Průběh rychlosti útku v prohozním kanálu
4. Závěr
   a) zjištění konstatace
   b) doporučení

KTT/TK
67 s., 25 s. příl.
Stavy pneumatické
Pohyb útku
Útek - pohyb
Prohoz útku

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Univerzitní knihovna
Voroněžská 1329, Liberec 1
PSČ 461 17

V 220/95 T

Poděkování:

Touto cestou bych rád vyjádřil svoji vděčnost a poděkoval:

- Prof. Ing. Stanislavu Noskovi Dr. Sc. za cenné rady a pomoc.
- Moje poděkování patří konzultantům Doc. Hanzlovi, Ing. Brozzovi a všem členům katedry KTT za pomoc a cenné informace, které mě poskytovali po celou dobu mého studia na VŠST.

Místopřísežné prohlášení:

Místopřísežně prohlašuji, že tuto diplomovou práci jsem vypracoval sám s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 17.01.1995

podpis

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratek		Str. 5
1.	Úvod	Str. 6
2.	Současný stav problematiky	Str. 7
3.	Cíl diplomové práce	Str. 8
4.	Teoretická část	Str. 10
4.1	Rozbor funkcí elementů pneumatického prohozu	Str. 10
4.2	Proud vzduchu	Str. 16
4.21	Rychlost proudového vzduchu	Str. 16
4.211	Změna rychlosti proudu ve směru prohozu	Str. 18
4.22	Situace proudu vzduchu v trysce	Str. 20
4.23	Situace proudu vzduchu v konfuzoru	Str. 25
4.24	Spotřeba vzduchu na jeden prohoz	Str. 27
4.3	Pohyb útku v proudu vzduchu	Str. 29
4.31	Teoretické řešení pohybu útku ve vzduchovém proudu	Str. 29
4.311	Pohybová rovnice útku v proudu vzduchu	Str. 29
4.312	Pohybová rovnice útku v konfuzoru	Str. 31
4.313	Trvání průletu útku	Str. 35
4.32	Význam tahové síly v útkové niti	Str. 35
4.321	Tahová síla působící na útek	Str. 37
4.322	Tahová síla a její efektivní rozsah	Str. 40
4.323	Závislost tahové síly na tlaku vzduchu	Str. 41
4.324	Závislost tahové síly na kmitání útku v proudu vzduchu	Str. 41
5.	Praktická část	Str. 43
5.1	Proč měříme rychlosti útkové nitě a tahové síly	Str. 43
5.2	Popis měřícího zařízení	Str. 44
5.21	Optoelektronický senzor pro měření rychlosti pohybu útku	Str. 45
5.22	Optoelektronický senzor pro indikaci času doletu	Str. 46
5.23	Tenziometr	Str. 47
5.24	Měřící ústředna a zpracování impulsu	Str. 48

5.3 Experimentální měření rychlosti prohozního útku Str. 49
5.31 Měřící metody rychlosti útku Str. 49
5.311 Princip měření Str. 50
5.32 Vyhodnocení měření rychlosti útku Str. 52
5.321 Faktory ovlivňující rychlosti útku Str. 55
5.3211 Vliv délkové hmotnosti útku na jeho rychlost Str. 55
5.3212 Vliv koeficientů odporu vzduchu na rychlosti útku Str. 56
5.3213 Vliv délky výstupní trubice hlavní trysky na rychlost útku Str. 57
5.3214 Vliv tlaku na rychlosti útku Str. 58
5.4 Měření tahové síly v útku při prohozu Str. 60
5.41 Měřící zařízení pro měření tahové síly Str. 60
5.411 Cejchování snímače Str. 60
5.42 Vyhodnocení záznamů tahových sil v útku Str. 62
5.43 Vliv nestejnoměrnosti na tahové síly při prohozu útku Str. 63
6. Závěr Str. 64
Seznam použité literatury Str. 67

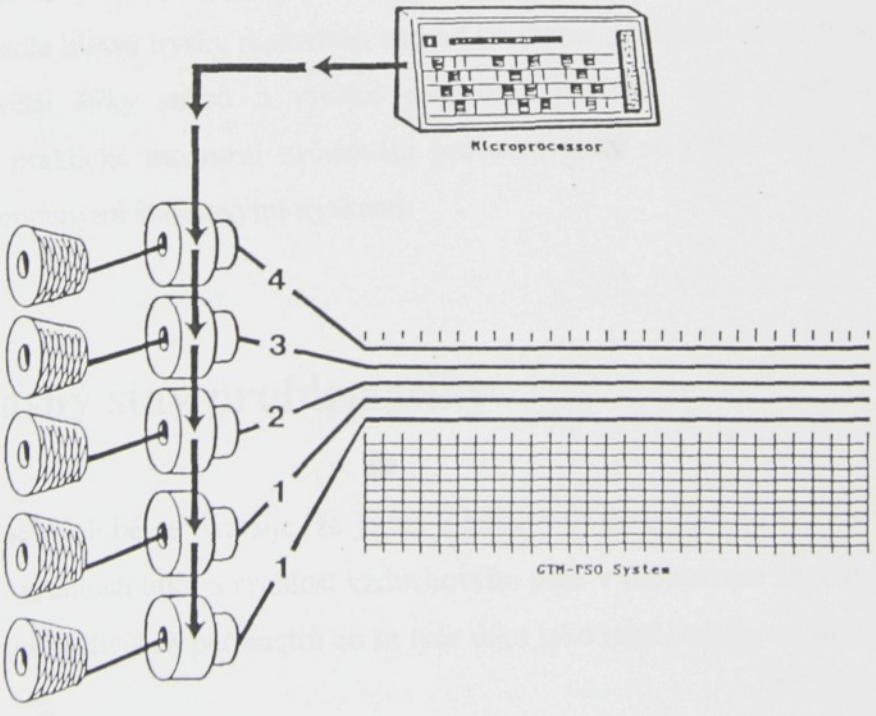
Seznam použitých symbolů a zkratek

A ...	účinná délka proudu vzduchu [m]
A_{lim} ...	limitní donosná délka proudu vzduchu [m]
a ...	součinitel výřivosti (0,07 - 0,08)
b ...	pracovní šířka stavu [m]
d ...	příčný rozměr otvoru konfuzoru [m]
d_v ...	průměr útku [μm]
d_b ...	průměr bubnu odměřovače [m]
E ...	energie vzduchového proudu [J]
p_1 ...	vstupní tlak v trysce [Pa]
p2 ...	výstupní tlak od trysky [Pa]
t_1 ...	teplota vzduchu v trysce [K]
i ...	entalpie vzduchu [J kg]
v_p ...	rychlost proudu vzduchu [$m.s^{-1}$]
v_i ...	rychlost útku [$m.s^{-1}$]
V_{vz} ...	objem vzduchu [m^3]
t_s ...	čas strhu útku [s]
Re ...	Reynodlsovo číslo
C_r ...	koeficient odporu konfuzorem [$kg.m^{-2}$]
k_0 ...	koeficient odporu odvíječe [$kg.m^{-2}$]
α ...	činitel tahu proudícího vzduchu [1]
β ...	součinitel ztráty rychlosti vzduchu [m^{-1}]
ν ...	kinematická vazkost vzduchu [$m^2.s^{-1}$]
φ ...	činitel výtokových rychlostí [je < 1]
ρ_1 ...	hustota vzduchu u vstupu do trysky [$kg.m^{-3}$]
ρ_2 ...	hustota vzduchu vystupujícího z trysky [$kg.m^{-3}$]
μ ...	měrná délková hmotnost útku [$kg.m^{-1}$]
κ ...	Poissonova konstanta [1.402]

1. Úvod

Vzduchový prohoz představuje zcela novou koncepci zanášení útku. První patent na světě na tryskový pneumatický stav byl udělen američanovi Brooksovi v roce 1914. O patnáct let později další američan Ballow získal patent za profilovaný paprsek a možnost použití pomocné štafetové trysky při vzduchovém prohozu útku.

V tomto směru pokračoval český textilní konstruktér Svatý Vladimír. Ještě v současnosti pneumatické stavy zaznamenávají prudký rozvoj a bouřlivý rozmach a zvětšuje se počet firem, výrobců, kteří do tohoto tkacího systému investují své síly a prostředky. Jak nám ukazují poslední mezinárodní výstavy textilních strojů ITMA 91 v Hannoveru a ATM 93 v Greenville, všichni vystavovatelé potvrdili správné nastoupení cesty zdokonalování technologie vzduchového tryskového tkaní, protože se stoupajícími tkacími výkony tryskových tkacích strojů a s roustoucími požadavky na kvalitu tkanin se kladou vysoké nároky na technické parametry a optimalizace vlastního vzduchového prohozu, který má zásadní vliv na zvyšování parametrů stroje. Proto se na strojích stále aplikuje vysoce kvalitní elektronika a mikroprocesory, které jsou už dnes běžné v řízení a činnosti technologického procesu.



Obr.1 Mikroprocesor k řízení tkacího stavu

Těmito modernějšími zařízeními lze dosáhnout vysokého výkonu stroje a možnosti acování nejrůznějších materiálů od staplových bavlněných přízí, syntetického hedvábí a o modifikací až po zpracování skleněných vláken. Pomocí mikroprocesoru můžeme ikovat listové stroje a v případě barevné záměny může být použito několika vkládacích ek (v dnešní době až do osmi barev) pro řízení různobarevných útků.

V porovnání s ostatními způsoby zanášení útku je v oblasti tkací techniky umatický prohoz nejperspektivnější a nejvýhodnější, protože vzduchový tryskový prohoz několik předností:
vzduch nemá škodlivé účinky na tkací stav, na používaný materiál a také na pracovníky.
zlepšení pracovních podmínek pro obsluhu, která hraje důležitou roli na výkonu stroje a valitě výroby.
losažení vysokého výkonu a velké výroby.

Principielně se vzduchový prohoz realizuje v různých variantách pomocí lamelového fuzoru a hlavní trysky. Tento typ se používá při menších šířkách strojů a z hlediska řeby vzduchu je méně náročný. Omezení tkací šířky bylo překonáno aktivním prohozem hož je vedle hlavní trysky realizován aktivní konfuzor s přifukovacími tryskami, čímž lze hnout větší šířky strojů a vysoké prohozní rychlosti. Jako nejvhodnější varianta edem k praktické možnosti zvětšování provozní šířky se používá výkonější profilový sek s pomocnými štafetovými tryskami.

Současný stav problematiky

V dnešní době se ukazuje, že jeden z klíčových problémů vzduchového prohozu je nalizace rychlosti útku a rychlost vzduchového pole v prohozním kanálu tkacího stroje a ovení nejdůležitějších parametrů co se týče útku jako např. odtahové síly apod.

Práce z této oblasti z různých důvodů nebyly mnoho publikovány. V porovnání s ními prvky zabývajícími se mechanickými systémy a procesy je velmi zanedbatelná.

Abychom lépe pochopili děje při vzduchovém prohozu, probereme stručně celý proces vzniku tkanin a soustředíme se na princip vzduchového prohozu tryskového tkaní s konfuzorem.

Při prohozu tryskou je útek unášen proudem pracovního média kterým je vzduch. Konfuzor po dobu prohozu zasune do osnovy procházející mezerami útek. Pomocí konfuzoru se udrží soustředěný proud vzduchu na značnou vzdálenost a dopravuje ve směru osy kanálu útkovou nit, která vzájemným provázáním s osnovními nitěmi tvoří tkaninu.

3. Cíl diplomové práce

Těžištěm práce vědců a odborníků je v dnešní době zvyšovat oblast efektivního zanášení příze, vytvořit nejefektivnější použití stlačeného vzduchu a udržovat stabilizaci rychlosti příze a to vývojem optimalizace strojních částí a řešením teoretické a praktické problémy, které se vyskytují v této praconí oblasti.

Cílem této práce bylo změřit vejvýznamější parametry útkové nitě při vzduchovém tryskovém prohozu a porovnat dosažené výsledky s příslušnými teoretickými vztahy a ověřit je.

Úkoly kladené na vypracování zahrnují hlavně následující části:

První část: zabývá se teorií rychlosti prohozu, kde jsou zapisovány parametry pohybu útku a to jsou: - rychlost prohozního vzduchu

- rychlost útku a odtahové síly, která na něj působí při prohozu

Druhá část: - provézt praktické měření.

- měřit rychlosti útku při různých tlacích pro různé materiály (lehké symetrické, střední a těžké)
- měřit odtahové síly v přízích přikaždém stanoveném tlaku

Výsledky měření budou zaznamenávány ve formě závislosti rychlosti útku, odtahové síly a jejich kolísání v čase.

Závěrečná část

Zda teorie potvrzuje experiment či nikoliv. Konstatovat, co z tohoto měření vyplývá a doporučit optimální řešení.

4. Teoretická část

4.1 Rozbor funkcí elementů pneumatického prohozu

Nejdůležitějšími elementy prohozního systému vzduchového stavu jsou:

- odměřovač útku
- hlavní tryska
- prohozní kanál konfuzoru

Odměřovač útku

Protože u pneumatických tryskových tkacích strojů není určena délka útku a nelze ji na doletu kontrolovat, musí být pro jednotlivé prohozy dodána přesně odměrená délka útku. Proto je nutné používat odměřovač útku, který má za úkol zajistit vhodnou délku útku a připravit ji pro prohoz při nejmenším odporu vůči prohozu a zablokovat odběr ze zásoby po odtažení potřebné délky.

U tryskového prohozu, je útek navlečen do hlavní trysky v malé délce a při jeho stahování přímo z křížové cívky vznikají odporové síly, které by značně snižovaly dolet útku, tedy tkací šířku. Tahové síly by nestačily k odtahu útku a nejsou dostačující pro rychlý rozběh. Změny délky prohozených útků při daném tlaku způsobí změny v tahu útku při přímém stahování z křížové cívky. Tímto vzniknou nežádoucí chyby jako tvorba kliček nebo přetrhnutí. Proto se musí útek nejdříve odsunout z křížové cívky pomocným zařízením, aby jej bylo možno stahnout malou silou bez rázů a se stejnoměrným napětím.

Vzhledem k měnící se šířce vyráběné tkaniny a při rozdílném setkání útků, je odměřovaná délka regulovatelná. Tuto délku lze určit podle vztahu:

$$L = \frac{\pi . d . n_d}{n} [m]$$

L ... odměřená délka pro jeden prohoz [m]

d_b ... průměr odměřovacího bubnu [m]

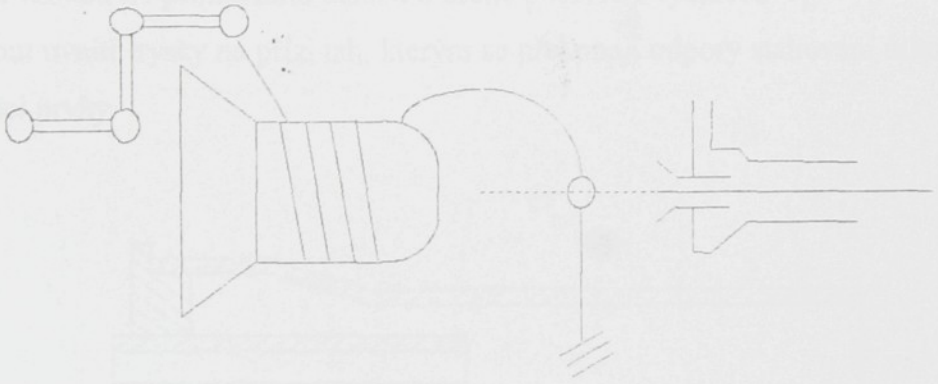
n_d ... otáčky odměřovacího bubnu [ot / min]

n ... otáčky stavu [ot / min]

π ... = 3.14

po úpravě

$$L = b - l_{tk} \qquad \text{kde} \qquad b = \pi.d$$



Obr.2

b ... pracovní šířka stavu [m]

l_{tk} ... délka tkaniny zahrnující setkání útku a třásní u tkaniny [m]

Hlavní tryska

Vědci jako Duxbury-Lord a Waswami došli ve své práci k závěru, že problémy vzduchového prohozu ovlivňuje pouze tryska, která je spojovacím článkem mezi odměřovačem a prohozním kanálem.

Hlavní tryska tvoří nejpodstatnější elelement prohozního ústrojí pneumatického tkacího stavu a rozhoduje o efektivnosti prohozu.

Útek je prohazován do prošlupu vzduchovým proudem vycházejícím z trysky, která má splňovat několik požadavků a úkolů.

Požadavky na hlavní provozní trysku jsou:

a) snadný návlek útku do strysky

b) tryska by měla mít malou spotřebu vzduchu a malou agresivitu vůči útku

c) dobře sejmout útek z odměřovacího zařízení

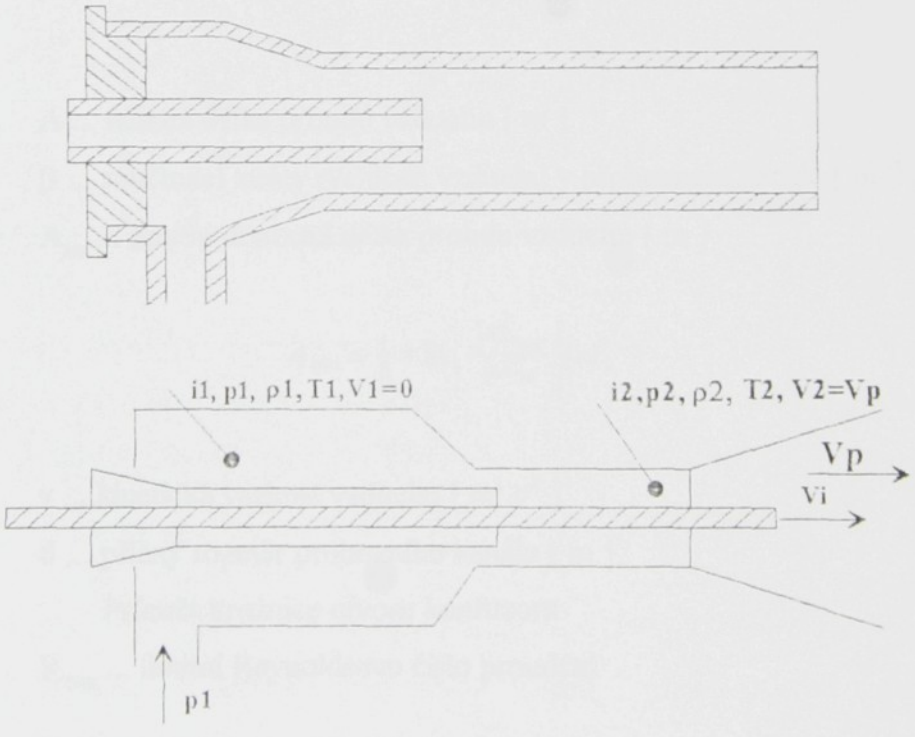
d) vytvořit v konfuzoru pohyb vzduchového pole proudu

e) urychluje útek na požadovanou rychlost s určitou tahovou silou

Úkoly, které má zajistit hlavní tryska spočívají v těchto funkcích:

a) vpravit vzduch do prohozního kanálu o určité počáteční rychlosti V_{io}

b) vyvinout uvnitř trysky na přízi tah, kterým se překonají odpory stahování útku z odvíječe a přes vodící prvky



Obr.3 Schéma hlavní trysky

Snaha výrobců zlepšit kvalitu a parametry hlavní trysky, se nikdy nezastavuje. Vše směřuje k tomu, aby došlo k změnšování spotřeby vzduchu, energie, zvětšení donesné délky proudu a jeho výtokové rychlosti.

Výtoková rychlost vzduchového proudu z trysky je dána vztahem:

$$V_{p0} = \varphi . V_{\lim} \sqrt{1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}} \; [m.s^{-1}]$$

κ ... Poissonova konstanta $\kappa = 1.402$

p_1 ... vstupní rychlost do hlavní trysky [Pa]

p_2 ... výstupní rychlost z hlavní trysky [Pa]

Pro druhý parametr donostnost vzduchového proudu podle Prof. Noska platí:

$$(4) \qquad \frac{p_1}{p_2} > \frac{1}{\left[1 - e^{-2\beta.(A - A_{\lim})}\right]^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}}$$

A ... účinná délka proudu vzduchu [m]

β ... součinitel ztráty rychlosti vzduchu v prohozném kanále [m^{-1}]

A_{lim} ... limitní donosná délka proudu vzduchu [m]

$$A_{\lim} = \frac{1}{\beta} * \ln\left[\frac{\frac{\gamma}{d} * Re_{\lim}}{\varphi . V_{\lim}}\right] [m]$$

γ ... kinetická vazkost vzduchu [$m^2.s^{-1}$]

d ... příčný rozměr prohozního kanálu [m]

Průměr kružnice otvoru konfuzoru

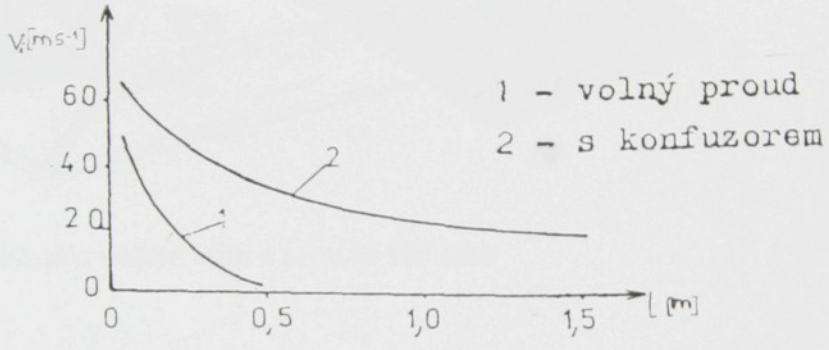
R_{elim} ... limitní Reynoldsovo číslo proudění

Podle vztahu (4) vstupní tlak p_1 roste progresivně donosnosti proudu A až do určité donosní vzdálenosti A_{lim}.

Konfuzor

Původní princip tryskového prohozu bylo zanášet útek na malou vzdálenost a proto byl zkonstruován lamelový kanál nazývaný konfuzor. To je kanál složený ze soustavy prstenců uložených hustě vedle sebe na bidle nebo mimo bidla. Ve fázi přírazu paprsku k čelu tkaniny se musí konfuzor dostat mimo rovinu osnovy.

Konfuzor jako prohozní kanál částečně brání disipaci vzuchového proudu a snížení jeho rozptylu. Také jeho geometrické parametry jako tloušťka lamel, jejich vnitřní průměr nebo vzdálenost mezer mezi lamelami ovlivňují zanášecí rychlosti čela útku a rychlost proudícího vzduchu u pneumatických tkacích strojů. Podle (2) jsou uvedeny dva průběhy rychlosti útku ve volném proudu v případě použití konfuzoru.



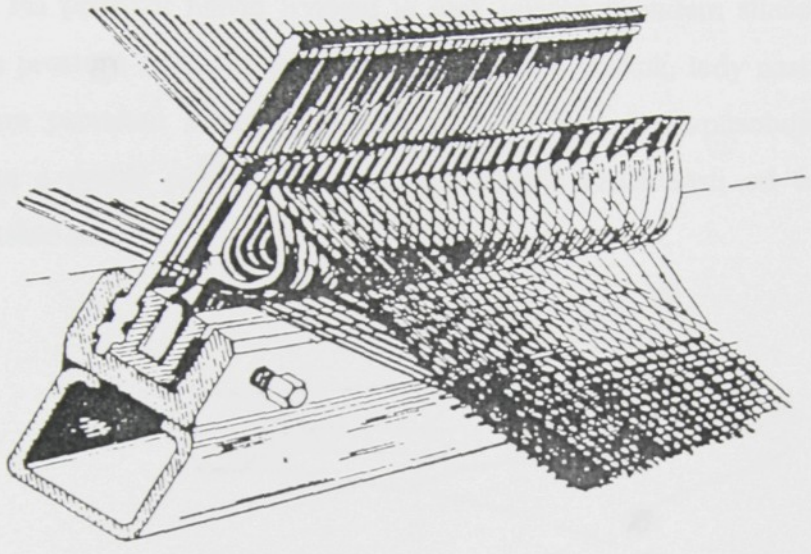
Obr. Rychlost útku bez použití konfuzru a s konfuzorem

Z hlediska proudění vzduchu a prohozu útku je patrně vidět, že pomocí konfuzoru jako nezanedbatelný prvek prohozního ústrojí lze udržet proud vzduchu soustředěný do vzdálenosti 1.5- 2 m a výrazně zvýšit rychlost útku o 1/3 více než když prohozujeme útek do volného proudu.

Vlivy způsobeny konfuzorem na útek a na osnovu musíme potlačit na nejmenší míru:

- konfuzor nadzvedne nitě spodního prošlupu tak vysoko a vytvoří se vazební chyba
- konfuzor může způsobit u některých vláken řádkování po osnově
- u staplových přízí konfuzor zvyšuje oděr a tím je vysoká prašnost v tkalcovně.

- nejčastější chyba, která se vyskytuje je zadržení útkové nitě hranou nebo povrchem konfuzoru a to způsobí nedolet útku a proto lamely jsou tím dokonalejší, čím mají ostřejší výtokové hrany a povrch s vyšším leskem
- konfuzor má velký vliv na napětí útku v prošlupu

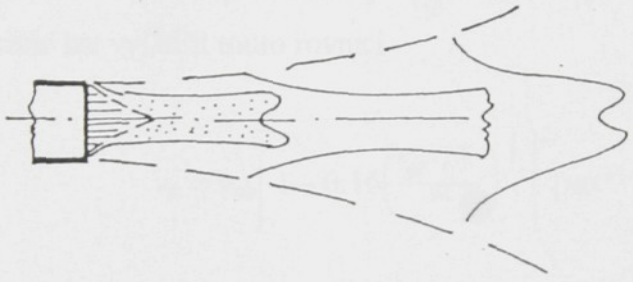


Obr. Konfuzor pro vedení útku a proudu vzduchu

4.2 Proud vzduchu

4.21 Rychlost proudového vzduchu

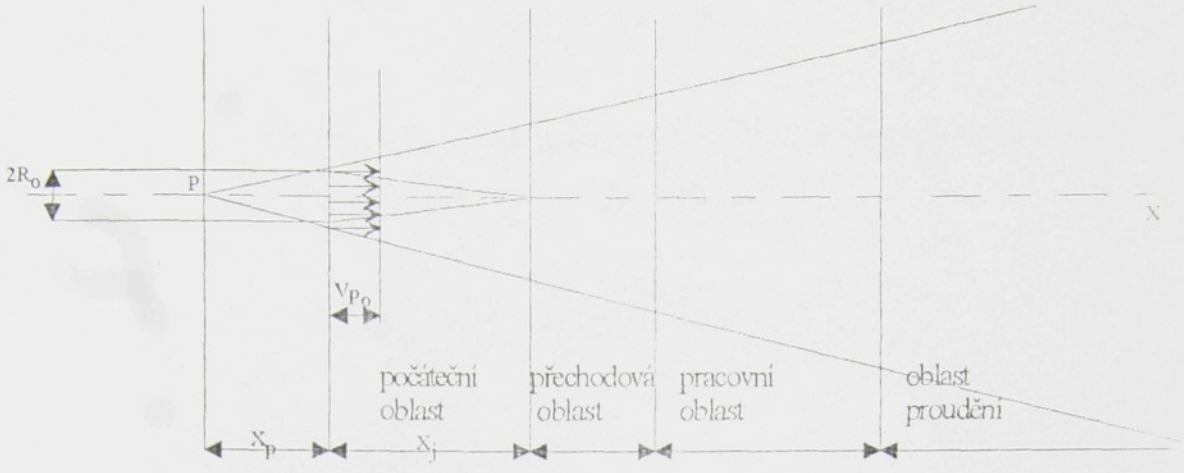
Při prohozu hlavní tryskou je útek unášen proudem stlačeného vzduchu, který ve volném prostoru strhává s sebou částice vzduchu v okolí, tedy nastává výměna hmoty mezi unášecím proudem a nepohybujícím se vzduchem. To způsobuje zvětšení šířky proudu vzduchu a rychlý pokles jehorychlosti v krátké vzdálenosti od ústí hlavní trysky, jak je znázorněno na obr.



Obr.4 Výtokový profil proudu vzduchu z trysky

Proud není omezen žádnými pevnými stěnami a po výtoku z hlavní trysky se rozšiřuje v kuželovém tvaru, kde se vrchol kužele nazývá polem proudu, který je průsečíkem vnějších hranic proudu. Abramovič při založení své teorie definoval čtyři různé oblasti, kam proudí vzduch:

- počáteční oblast . . . počáteční úsek zahrnující jádra pole x_j a vzdálenost x_p
- přechodová oblast . . . krátký úsek v rozměru $16R_0$
- pracovní oblast . . . velice důležitá a její délka je závislá na velikosti počáteční rychlosti proudění a na rozměrech hlavní trysky
- oblast proudění . . . je kratší úsek, ve kterém max. rychlost proudu klesá pod $0,5 m.s^{-1}$



Obr.5 Rozdělení volného proudu

V oblasti těsně za tryskou platí zákony turbulentního proudění. Rychlost proudu v různých bodech kužele lze vyjádřit touto rovnicí

$$v_p = v_{po}\left[1 - 0.16\left(\frac{\sqrt{y^2+z^2}}{ax}\right)^{\frac{3}{2}}\right]^2 [ms^{-1}]$$

v_p . . . rychlost proudění vzduchu [m.s^{-1}]

v_{po} . . . počáteční rychlost těsně za tryskou [m.s^{-1}]

a . . . součinitel vířivosti $0,07 \leq a \leq 0,08$

x . . . totožná osa s osou proudění

x,y,z . .souřadnice daného bodu

Podle Uno Minoru, rychlost v ose proudu v hlavním úseku byla popsana následujícím vztahem

$$v_p = \frac{13}{3x+1}[ms^{-1}]$$

nebo lze vyjádřit v tomto exponenciálním tvaru, kdy se rychlost proudu zpomalí za tryskou

$$v_p = v_{po}e^{-\beta x}[ms^{-1}]$$

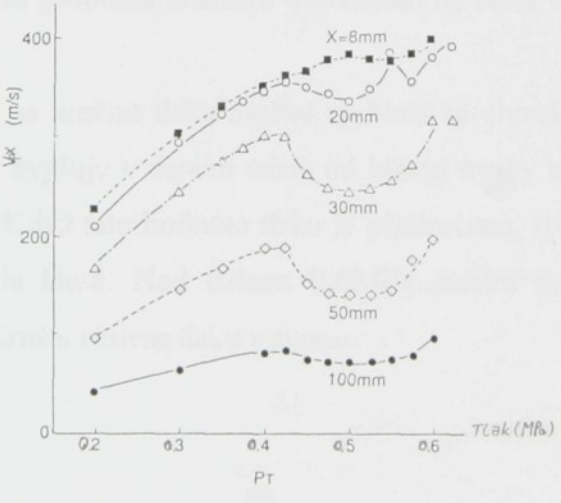
β . . . součinitel poklesu rychlosti proudu $[m^{-1}]$

Práce (1) popisuje prodění v případě použití konfuzoru jako prohozního kanálu a dále rychlost proudění vzduchu po hlavní ose tímto vztahem

$$v_{p\,max} = v_{px}\frac{1}{x}[ms^{-1}]$$
$$v_p = \frac{0.0925}{x^2} + (2.8593x - 8,0)^2 + x[ms^{-1}]$$

4.211 Změna rychlosti proudu ve směru prohozu

Rychlost vzduchového proudu v potenciálním jádru (počáteční úsek proudění) u ústí trysky přibližně 20mm jak bylo ukázáno při několika experimentech, podle odborné literatury, že rychlost proudění vzduchu je v tomto úseku konstantní.. Podle (ISHIDA, OKAJIMA) v závislosti na vzdálenosti od hlavní trysky bylo dosaženo následujících výsledků vyjádřených grafem (6).



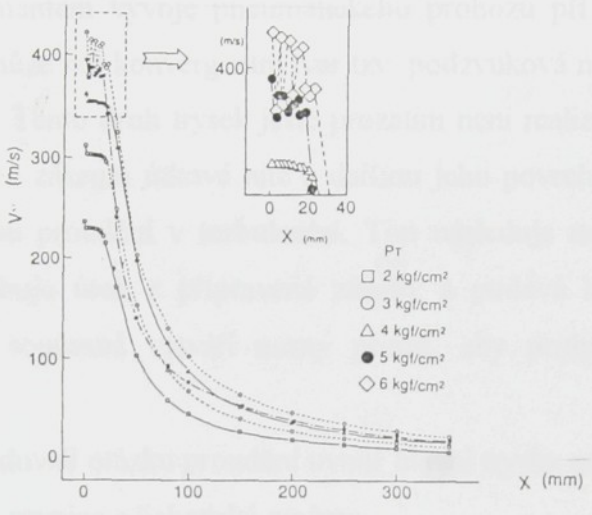
Obr.6 Rozdělení axiální rychlosti proudu při různých vzdálenostech od hlavní trysky

v_{px} . . . rychlost proudu po hlavní ose proudění

x . . . vzdálenost od hlavní trysky

Z téhož průběhu vychází, že rychlosti proudění vzduchu při tlaku v hlavní trysce vyšší než 0,4MPa jsou odlišné než rychlost při tlaku menším než 0,4MPa. V intervalu, kdy se tlak pohybuje v rozmezí 0,2-0,4MPa, vzduch proudí skoro se stejnou rychlostí po hlavní ose blízko u ústí trysky. Rychlost náhle snižuje jak se oddalujeme více od trysky.

Měření provedené při tlaku p=0,56MPa vysvětluje, jak strměji klesá rychlost proudu vzduchu vystupující se z hlavní trysky v porovnání při tlacích p=0,2-0,4MPa.



Obr.7 Axiální rychlost proudění vzduchu v závislosti na tlaku vzduchu

V souvislosti na změnu tlaku axiální rychlost se chová, jak je znázorněno průběhy obr. (7) rychlost se zvyšuje v daném místě od hlavní trysky se zvyšujícím se tlakem až do hodnoty p=0,4MPa. Když tato hodnota tlaku je překročena, rychlost proudu v potenciálním jádru proudění rychle klesá. Nad tlakem 0,6MPa axiální rychlost je spíše konstantní a směřuje k růstu poměrně s růstem tlaku v trysce.

22 Situace proudu vzduchu v trysce

Na pneumatickém stavu prohozní proces útku sestává ze dvou fází:
fáze pohybu uvnitř trysky, kterou nazýváme vnitřní pohyb
fáze pohybu uvnitř konfuzoru tj. pohyb mimo trysky, kterou nazýváme vnější pohyb

Hlavním elementem vývoje pneumatického prohozu při pasivním unášení útku je vní tryska, která může mít konvergentní tvar tzv. podzvuková nebo tvar lavalové dyzy a to nadkritická tryska. Tento druh trysek ještě prozatím není realizován vzhledem k složitosti roby a chlupatosti a zákrutu útkové nitě a dalšími jeho povrchovými nestejnoměrnostmi. ré rozbíjí laminární proudění v turbulentní. Tím následuje nedosažitelnost rychlostního xima.Tryska odtahuje útek z připravené zásoby a podává ho do konfuzoru o určité čáteční rychlosti. současně vytváří nosný proud, aby prohoz útku byl spolehlivý a zchybný.

Abychom studovali otázku proudění uvnitř hlavní trysky předpokládáme, že jde o děj iabatický, kde platí rovnice adiabatické změny:

$$p_1\left(\frac{1}{\rho_1}\right)^{\aleph} = p_2\left(\frac{1}{\rho_2}\right)^{\aleph} = konst.$$

p_1 . . . vstupní tlak [Pa]

p_2 . . . výstupní tlak [Pa]

$\aleph$ . . . Poissonova konstanta vzduchu 1,402

ρ_1 . . . hustota vzduchu u vstupu [kg.m^{-3}]

ρ_2 . . . hustota vzduchu u výstupu [kg.m^{-3}]

Při výstupu vzduchu z hlavní trysky se rozptyluje množství energie, jež odpovídá zdílu enthalpie uvnitř kanálu, kde dochází k spádu vzduchu vyjádřené tímto vztahem:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{dm}{dt}(i_2 - i_1)$$

rozdíl enthalpií vzduchu je popsán takto:

$$i_2 - i_1 = -c_p T_1 \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) \text{ kde } c_p = \frac{\varkappa R}{\varkappa - 1}$$

T_1 . . . teplota vzduchu v trysce 293K

T_2 . . . teplota vzduchu u ústí trysky

R . . . stavová konstanta 287J.kg^{-1}.deg^{-1}

Rozptylem energie se vytvoří rychlostní výška tj. rychlostní energie vytékajícího vzduchu výstupní rychlosti, která je dána vztahem:

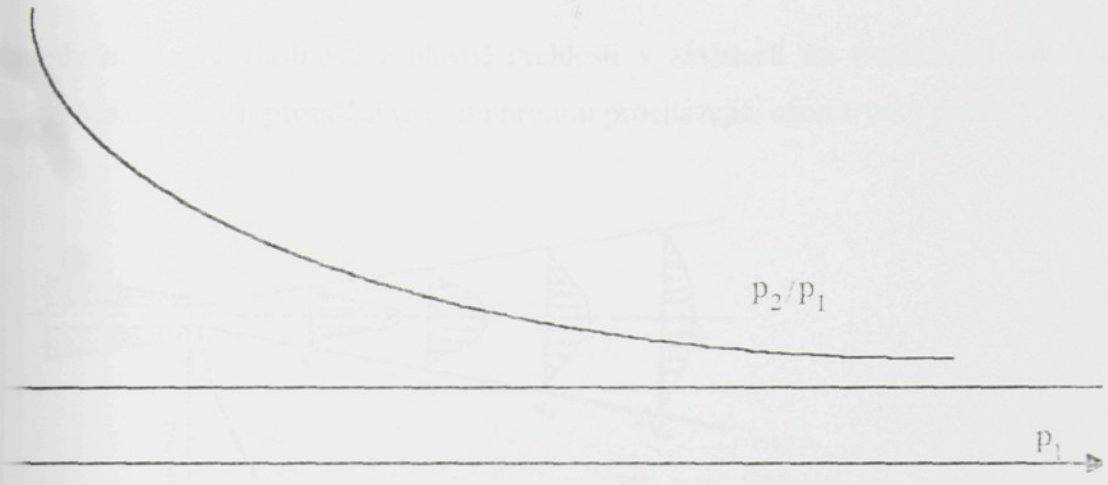
$$v_{po} = \varphi v_{\lim} \sqrt{1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\varkappa - 1}{\varkappa}}}$$

$$v_{\lim} = \sqrt{\frac{2\varkappa R T_1}{\varkappa - 1}} = \sqrt{2 c_p T_1} = 780 ms^{-1}$$

v_{lim} . . . limitní rychlost proudění v trysce. Závisí jen na teplotě T_1 v trysce respektive na enthalpii $i_1 = c_p T_1$

U konvergentní trysky, kterou jsme popužívali při našich experimentech docházelo k výfuku v nejužším místě trysky. Tam se vytvářejí kritické podmínky jako třeba kritický tlap p_k , kritická teploa T_k a kritická rychlost. Subsonická tryska ma zužující se profil, kde narůstá tlak na kritickou hodnotu a z ní vyexpanduje do volného prostředí.

xperimentálně byl zjištěn poměr výstupního a vstupního tlaku , který postupně
k poměru $\frac{p_2}{p_1} = 0,523$ a tento poměr je kritický a neměnitelný



oměr vstupního a výstupního tlaku

V případě, že vstupní tlak p_1 je 2x větší než výstupní tlak p_2 platí:

$$p_{krit} = p_1\left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} = 0,523p_1$$

To znamená, že není účelné zvyšovat vstupní tlak do trysky nad 2x tlak ovzduší. se nevyužije a vyexpanduje mimo trysku a pak nebude mít žádný vliv na zvyšování í proudění. Dosazením předcházejícího vztahu do rovnice výstupní rychlosti z trysky me opravný výraz pro tuto rychlost:

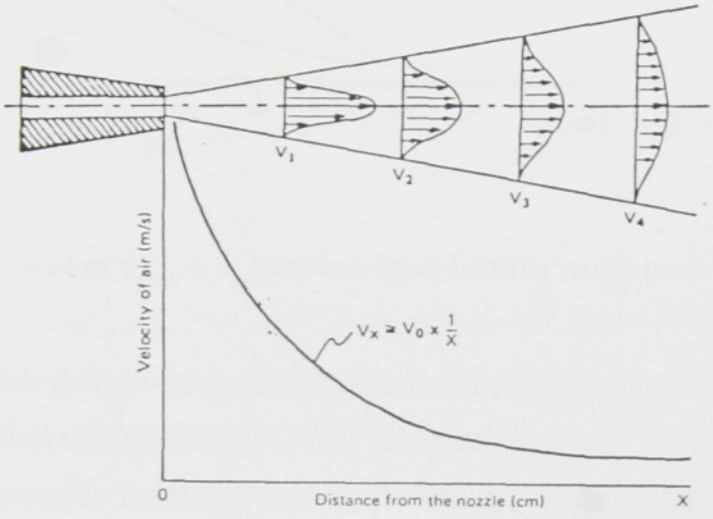
$$v_{po} = \varphi v_{\lim}\sqrt{1-\left(\frac{0,523p_1}{p2}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}} = \varphi 340[ms^{-1}]$$

φ . . . součinitel výtokových ztrát $\varphi < 1$
p_1 . . . vstupní tlak do trysky

U teoretické Lavalové divergentní trysky, kde vstupní tlak je stejný jako tlak v okolí, y jasné, že zvyšování vstupního tlaku p_1 ovlivňuje výtupní rychlost jak proudění tak ro extrémní hodnoty p_1 můžeme vyfukovat vzduch rychlostí:

$$v_{po} = \varphi v_{\lim} = \varphi 780[ms^{-1}]$$

Proudy mění své vlastnosti a hlavně rychlosti v závislosti na vzdálenosti od čela hlavní trysky. Max. rychlost proudění je v ose proudu procházející osou trysky podle Minoru Ishida platí



Obr.9 Rozdělení axiální rychlosti

Rychlost proudu vzduchu se snižuje jak se zvětšuje vzdálenost od hlavní trysky, jak je znázorněno na obr (9), kde platí $v_1 > v_2 > v_3 > v_4$. U Abramoviče platí vztahem rychlosti v ose prudění:

$$v_{p_{max}} = v_{p0} \frac{0.96}{a\frac{x}{R_0} + 0.29}[ms^{-1}]$$

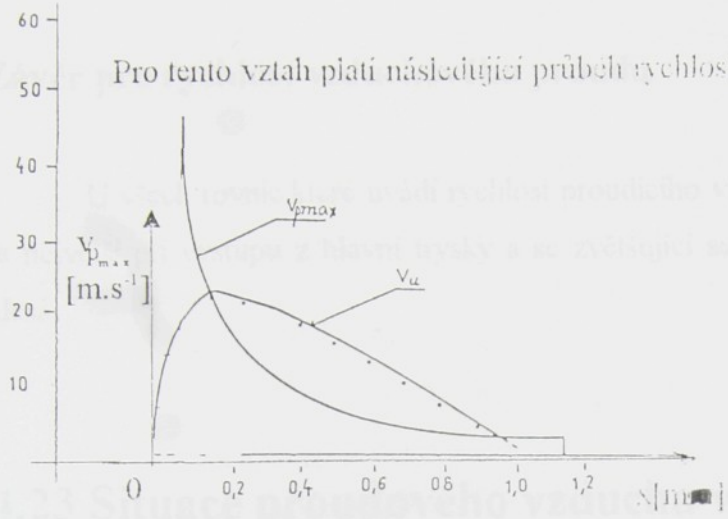
V_{p0} . . . počáteční rychlost proudu [ms^{-1}]

x . . . vzdálenost od ústí trysky [m]

a . . . experimentálně stanovený koeficient pro válcovou trysku (0,07-0,08)

R_0 . . . poloměr trysky [m]

Pro tento vztah platí následující průběh rychlosti proudění znázorněného na obr. č. 10



Obr.10 Závislost v_{pmax} a v_u (rychlost útku) na vzdálenosti proudění

Jak je vidět podle těchto průběhů, že rychlost vzduchového prudu je značně vyšší než rychlost útku, aby se útek mohl vůbec rozběhnout. Útek na začátku prohozu se zrychluje a pak zpomalí. Počáteční průběhy rychlosti proudu a útku mají obrácené chování tedy rychlost proudu vzduchu klesá, když se příze rozběhne a jeho rychlost stmeji roste. Rozdíl těchto dvou rychlostí vyjadřuje relativní rychlost, kde rychlost čela útku je nižší než rychlost čela proudu a tento rozdíl je podstatnou podmínkou vzniku tahu útku

$$v_R = v_p - v_u$$

V dané vzdálenosti od hlavní trysky v_R bude nulová, to znamená, že rychlost útku je stejně velká jako rychlost proudu a se zvětšující délkou od čela trysky bude mít zápornou hodnotu. Protože když útek doletí celou šíří tkaniny pomaleji jeho rychlost se ztrácí odporem vzduchu. V důsledku setrvačnosti letící útek nezpožďuje hned, ale později a mohly by se v tomto případě vytvářet kličky.

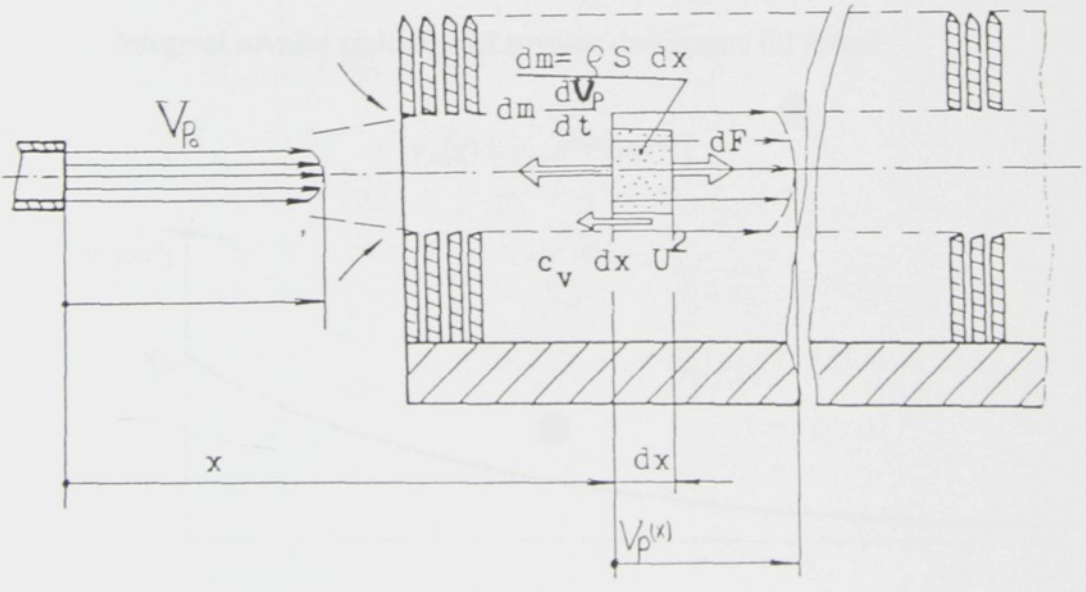
Závěr pro rychlost vzduchového proudu

U všech rovnic,které uvádí rychlost proudícího vzduchu lze říci, že rychlost vzduchu je největší při výstupu z hlavní trysky a se zvětšující se vzdáleností od ústi trysky výrazně klesá.

4.23 Situace proudového vzduchu v konfuzoru

Kromě zanešení špičky útku do konfuzoru je částice vzduchu dm, která se zanáší nějakou rychlostí $v_p(x)$. Zkusíme vyřešit tuto otázku matematickým výpočtem a zkoumat jak se chová vzduch v prohozním kanálu a jak se mění rychlost jeho proudění. Za předpokladu, že v konfuzoru nedochází prakticky ke ztrátám.

Na částici vzduchu o hmotnosti dm=ρSdx působí různé síly - tahové, odporové a setrvační.



Obr.11 Znázornění působících sil na částici vzduchu dm v prohozním kanálu

Pro pohyb částice vzduchu platí tato pohybová rovnice:

$$dF - c_v dx V_p^2(x) - \rho S dx \frac{dv_p}{dt} = 0$$

dF . . . tahová síla působící na útek. V našem případě je nulová (dF=0)

$c_v dx v_p^2(x)$ . . . odporová síla způsobená konfuzorem

$\rho S dx \frac{v_p(x)}{dt}$ . . . setrvační síla působící na částici vzduchu

c_v . . . koeficient odporu proti pohybu vzduchu [$kg.m^{-2}$]

dx . . . rozměr částice vzduchu [m]

v_p . . . rychlost proudění [$m.s^{-1}$]

ρ . . . hustota vzduchu [$kg.m^{-3}$]

S . . . průřez proudu [m^2]

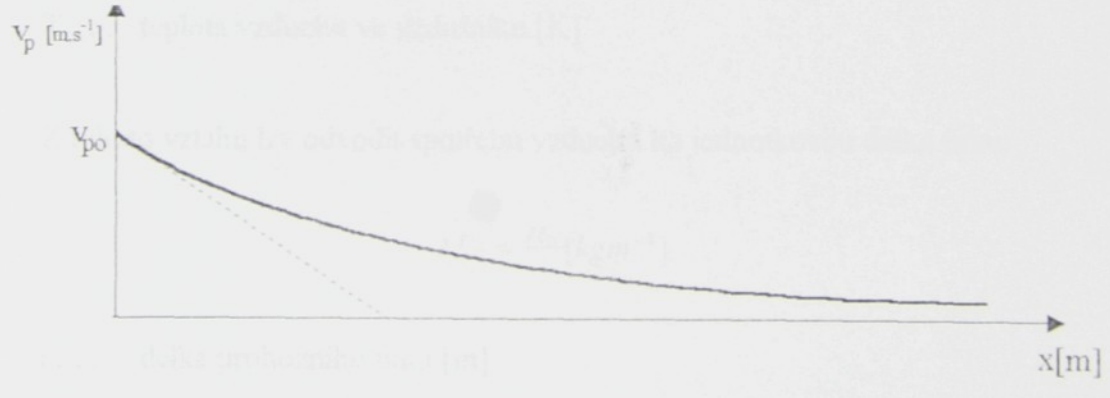
$$\frac{dv_p(x)}{dt} = \frac{1}{2}\frac{dv_p^2(x)}{dx} \quad \text{a} \quad \beta = \frac{\rho C}{c_v}$$

po dosazení a úpravě plyne

$$\frac{dv_p^2}{dx} + 2\beta v_p^2(x) = 0$$

Integrací rovnice předcházející rovnice dostaneme tot řešení:

$$v_p(x) = v_{po} e^{-\beta x} [ms^{-1}]$$



obr.12 Průběh rychlosti proudění vzduchu v konfuzoru

Prohozní rychlost vzduchu $v_p(x)$ klesá exponenciálně avjisté vzdálenosti od hlavní trysky dosáhne limitní hodnoty v_{lim} při níž Reynoldsovo číslo dosáhne kriticky nízké hodnoty Re_k , která je daná kvalitou konfuzoru. Hodnota Re_k odpovídá rozpadu proudu vzduchu a tím i ztrátě tahu vzduchu v útku.

$$Re_k = \frac{v_{lim} d}{\upsilon}$$

v_{lim} . . . limitní rychlost vzduchu [m.s^{-1}]
d . . . průměr otvoru konfuzoru [m]
υ . . . kinematická vazkost vzduchu [m^2.s^{-1}]

4. 24 Spotřeba vzduchu na jeden prohoz

V práci (4) byl popsán a sestaven zjednodušený vztah pro spotřebu vzduchu při každém prohozu na základě poklesu tlaku

$$M_{vz} = \frac{V_z \Delta p}{RT} [kg]$$

V_{vz}. . . objem vzdušníku [m^3]
ΔP. . . pokles tlaku při prohozu [Pa]
R . . . plynová konstanta [J.kg^{-1}.K^{-1}]
T . . . teplota vzduchu ve vzdušníku [K]

Z tohoto vztahu lze odvodit spotřebu vzduchu na jednotkovou délku útku:

$$M_{vz} = \frac{M_{vz}}{l} [kgm^{-1}]$$

l . . . délka prohozního útku [m]

Pilipenková mohla sestavit teoretický vztah pro vypočítání spotřeby vzduchu na jeden prohoz, v případě, že jde o izotermickou expanzi vzduchu z hlavní trysky:

$$M_{vz} = \frac{p_1 V_z}{RT}[1 - e^{-ct_p}][kg]$$

p_1 . . . vstupní tlak do trysky [Pa]

V . . . objem vzdušníku [m^3]

T . . . teplota vzduchu ve vzdušníku [K]

t_p . . . čas prohozu [s]

c . . . konstanta, kde $c = \sqrt{RT}\,\Psi S_t$

R . . . plynová konstanta vzduchu [$J.kg^{-1}.K^{-1}$]

ψ . . . rychlostní součinitel [1]

S_t . . . plocha průřezu trysky [m^2]

4.3 Pohyb útku v proudu vzduchu

4.31 Teoretické řešení pohybu útku ve vzduchovém proudu

Teoretické řešení pohybu útku v proudu vzduchu na pneumatickém stavu není snadná záležitost, a proto optimálnější cesta k řešení tohoto problému je kombinace teoreticko-experimentálního způsobu,který vychází ze sestavení pohybové rovnice pohybu útku.

4.311 Pohybová rovnice útku v proudu vzduchu

Pohyb útku v proudu vzduchu byl podle matematického modelu stanoven následující rovnicí: [3]

$$ma = \frac{1}{2}[c_1 l_1 (v_1 - v_t)^2 + c_2 l_2 (v_2 - v_t)^2 + \frac{v_{p_k}(x) - v_t}{|v_{p_k}(x) - v_t|} c_k x (v_{p_k}(x) - v_t)^2 - c_0 l_0 v_t^2] - F_1$$

m . . . celková hmotnost pohybujícího útku od místa strhu z bubníku odměřovače až po celém konfuzoru.

$$m = \mu(l_5 + l_0 + l_1 + l_2 + x)[kgm^{-1}]$$

μ . . . hmotnost délky 1m útku [kg.m^{-1}]

a . . . zrychlení útku [m.s^{-2}]

l_0 . . . délka útku od očka k vstupu do hlavní trysky [m]

l_1 . . . délka útkové trubice hlavní trysky [m]

l_2 . . . délka výstupní trubice hlavní trysky [m]

x . . . délka útku v prohozním kanálu [m]

l_b . . . délka útku od odměřovače k očku před hlavní tryskou [m]

v_1 . . . rychlost vzduchu v délce l_1 [m.s^{-1}]

v_2 . . . rychlost vzduchu v délce l_2 [m.s^{-1}]

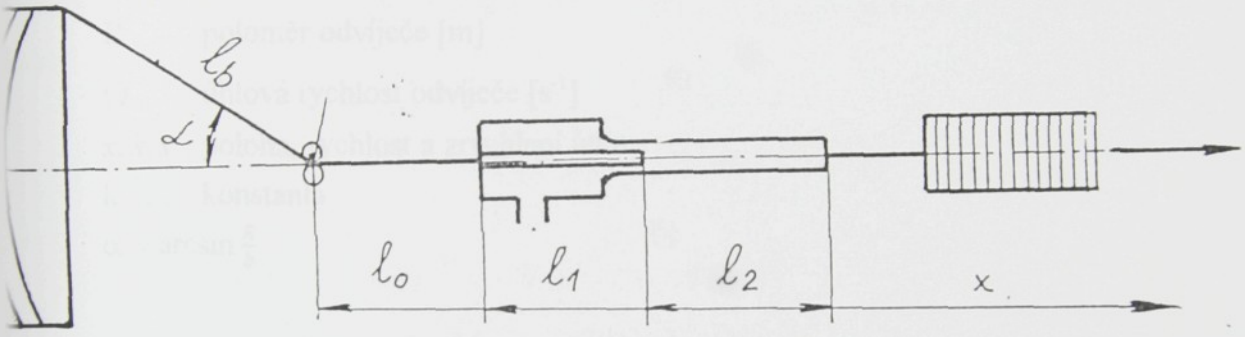
v_{pk} . . . rychlost vzduchu v kanále konfuzoru [m.s^{-1}]

c

v_i . . . rychlost útku [m.s^{-1}]

F_1 . . . síla útku před hlavní tryskou [N]

c_0, c_1, c_2, c_k . . . odporové koeficienty proti pohybu útku

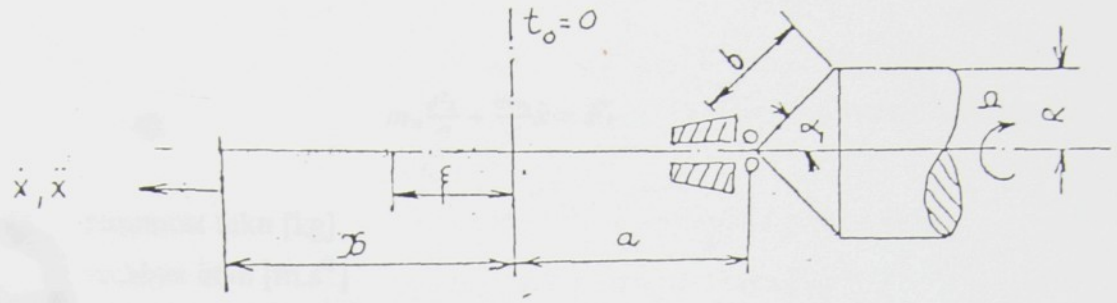


Obr.13 Schéma pohybu útku

Řešení pohybu útku podle této rovnice je tak složité, že nevychází ve tvaru elementárních funkcí. Za předpokladu, že útek neprodloužitelný a dokonale ohebný v proudění vzduchu je ustálen v místě x a je určen rychlostí v(x). Koloc sestavil složitější pohybovou rovnici popsanou tímto vztahem:

$$(a+be^{j\alpha_1}+x)\ddot{x}+e^{j\alpha_1}(\dot{x}^2e^{\frac{j\alpha_1}{\sqrt{2}}}+\tfrac{1}{2}(\dot{x}-R\Omega)^2)+k(a+x)\dot{x}=k\int_{-a}^{x}v(x)dx$$

Řešení této rovnice je tolik komplikované, že se nedá odvodit charakteristicky parametry letícího útku jako např rychlost útku.



Obr.14 Schéma pohybu útku podle rovnice Koloce

a . . . vzdálenost konce útku v čase t=0 od vodícího očka [m]

b . . . vzdálenost vodícího očka od hrany odvíječe [m]

f . . . součinitel tření mezi očkem a útkem

R . . . poloměr odvíječe [m]

Ω . . . úhlová rychlost odvíječe [s^{-1}]

$x, \dot{x}, \ddot{x}$. poloha, rychlost a zrychlení útku

k . . . konstanta

$\alpha = \arcsin \frac{R}{b}$

4.312 Pohybová rovnice útku v konfuzoru

Pro zkoumání pohybu útku v konfuzoru má důležitý význam z hlediska chování útku v procesu tkaní na pneumatickém tkacím stroji.

Teoretické řešení

Duxbumy-Lord a Vaswani zkoumali základní problémy vzduchového prohozu útku a došli k závěru, že rozhodující prvek je tryska.

Pilipenková a kolektiv sestavili rovnici pro pohyb tělesa s měnící se hmotou ve vzduchovém proudu. Za předpokladu,že útek je homogenní neprodlužitelný a je pohybující se v ose proudového vzduchu kde rychlost proudění je maximální:

$$m_u \frac{d^2x}{dt} + \frac{dm_u}{dt}\dot{x} = F_t$$

m_u . . . hmotnost útku [kg]

$\dot{x}$ . . . rychlost útku [m.s^{-1}]

x . . . délka útku [m]

F_t . . . výsledná síla působící na útek [N]

Uno Minory podal účelnější pohled na prohoz útku, ve kterém bylo uvažováno vliv odporových sil odměřovacích zařízení a vliv prohozního kanálu. Sestavil pohybovou rovnici útku:

$$\frac{d}{dt}(m_u \dot{x}) = \int dF_t - S_0$$

dF_t . . . elementární tahová síla působící na útek [N]

S_0 . . . odporové síly působící proti zanešení útku [N]

Nosek uvedl, že by bylo vhodné odvodit pohybovou rovnici útku z Lagrangeovy rovnice II. řádu. Protože hmota útku v prohozní dráze roste úměrně s délkou unášeného útku, jehož se obtékaná délka změní a tím i změnu kinetické energie neboť všechny částice útku o délce x a měrné délkové hmotnosti μ mají stejnou rychlost $v_i(x)$.

Pohybová rovnice útku vycházející z Lagrangeovy rovnice:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial E}{\partial v_i}\right) - \left(\frac{\partial E}{\partial x_i}\right) + F_0 + F_t = F$$

$E = \frac{1}{2}\mu(x_0 + x)v_i^2(x)$ . . . kinetická energie prohozního útku [kg.m^2.s^{-2}]

$F_0 = k_0 v_i^2(x)$ . . . odpor odvíječe [N]

$F_t = c_R(x_0 + x)v_i^2(x)$ . . . odpor proti pohybu útku v důsledku zachycování odstávajících vláken do lamel konfuzoru nebo z vlivu turbulence [N]

$F = \frac{\alpha}{2\beta}v_{p_0}^2(1 - e^{-2\beta x})$ . . . tah proudu vzduchu působící na útek [N]

μ . . . měrná délková hmotnost útku [kg.m^{-1}]

x_0 . . . délka útku od očka odměřovače až po výstup z hlavní trysky [m]

x . . . délka útku v prohozním kanálu [m]

$v_i(x)$ . . . rychlost útku [m.s^{-1}]

k_0 . . . koeficient odporu odvíječe [kg.m^{-1}]

c_R . . . koeficient odporu průletu útku prohozním kanálem [kg.m^{-2}]

α . . . činitel tahu proudícího vzduchu na útek [kg.m^{-2}]

β . . . činitel poklesu rychlosti vzduchu v proudu [m^{-1}]

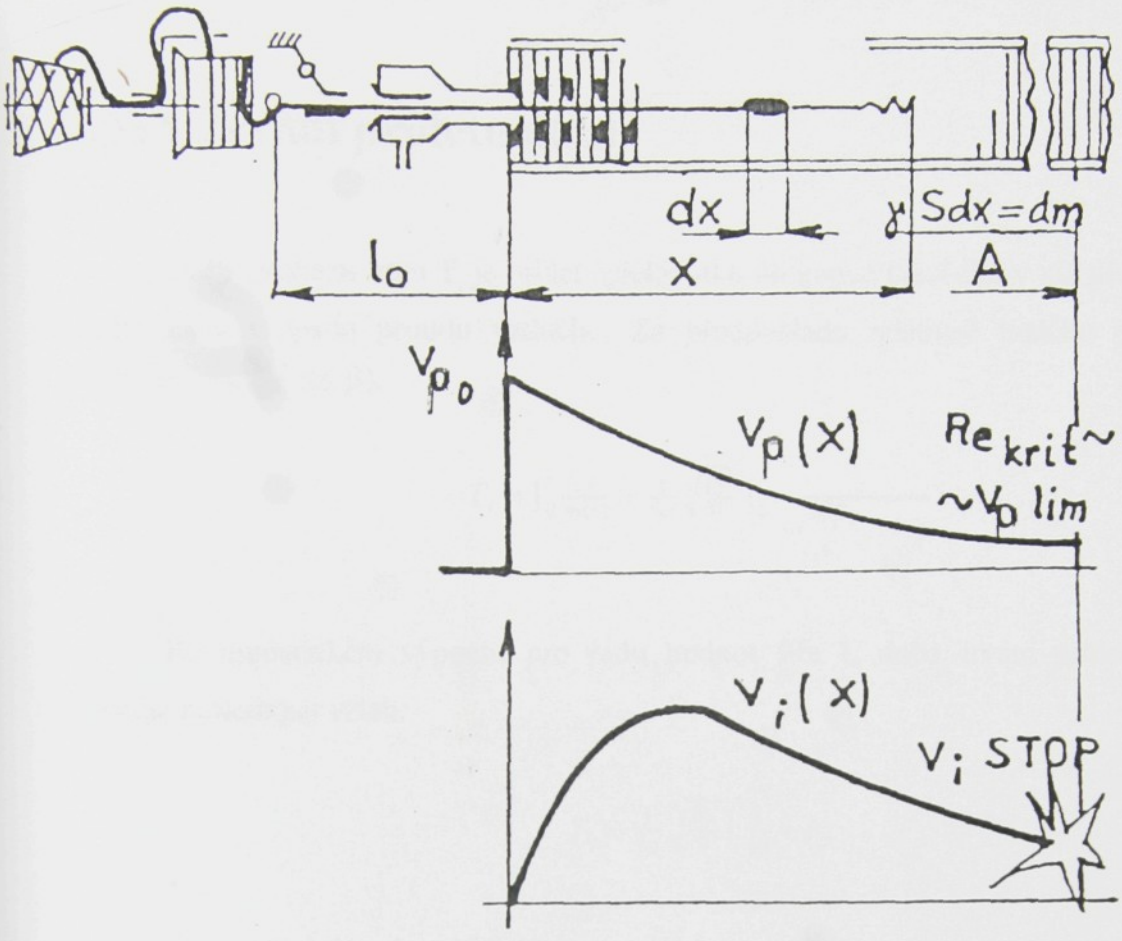
v_{po} . . . počáteční rychlost [m.s^{-1}]

Po dosazení a úpravách rovnice bude platit následující vztah:

$$\frac{dv_i^2}{dx} + \left(\frac{2c_R}{\mu} + \frac{1}{l_0+x}\right)v_i^2 = v_{i0}^2\frac{\alpha}{\beta\mu}\frac{1-e^{-2\beta x}}{l_0+x}$$

Řešením této rovnice za předpokladu, že počáteční podmínky v_i=0 a x=0 dostaneme přímou závislost rychlosti útku na prohozní délce:

$$v_i(x) = v_{i0}\sqrt{\frac{\alpha}{\beta\mu}}\sqrt{\frac{1-e^{-2\frac{c_R}{\mu}x}}{2\frac{c_R}{\mu}x} + \frac{1-e^{-2\beta x}}{-2\beta x}} = v_{i0}\sqrt{\frac{\alpha}{\beta\mu}}\sqrt{e^{-k_1 x}\left[\frac{1-e^{\left(k_1-2\beta x\right)}}{(k_1-2\beta x)} - \frac{1-e^{k_1 x}}{k_1 x}\right]} \quad \text{kde } k_1 = \frac{2c_R}{\mu}$$

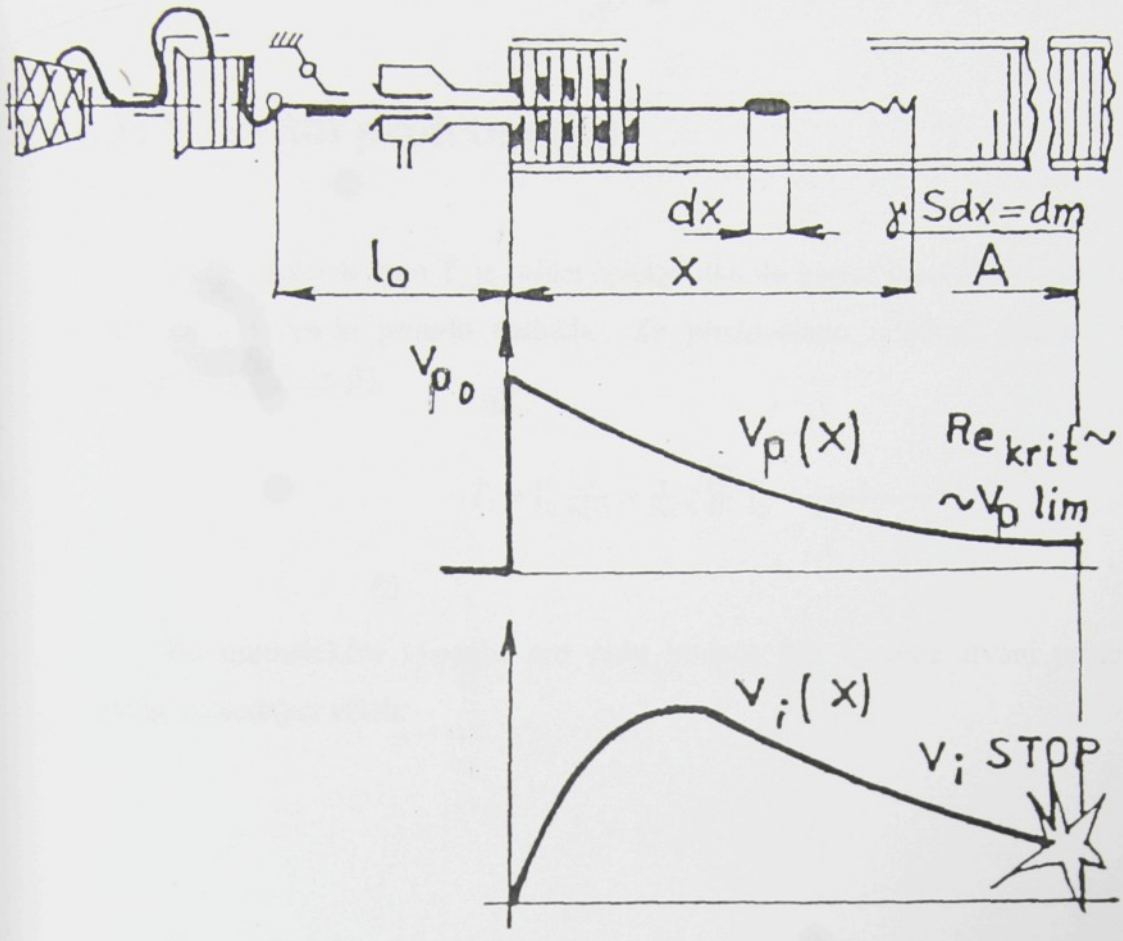


Obr.15 Schema tryskového prohozu a průběhy unašecí rychlosti vzduchu $v_p(x)$ a rychlost prohozeného útku $v_i(x)$.

Průběh rychlosti útku ukazuje, že na začátku prohozu $v_i(x)$ strměji narůstá až do určitého maxima a pak začne klesat zatímco rychlost vzduchu od počátku prohozu se snižuje až dosáhne kritické hodnoty $v_{p\,lim}$:

$$v_i(x) = v_{p_0}\sqrt{\frac{\alpha}{\beta\mu}}\sqrt{\frac{1-e^{-2\beta(x-l_0)}\{1+2\beta(x-l_0)\}e^{-2\beta l_0}}{2\beta(x-l_0)}}$$

Z uvedených teoretických vztahů a rovnic pojednávajících o vzduchovém prohozu útku vyplývá, že popis pohybu útku diferenciálními rovnicemi neposkytuje dostatečné informace o skutečném pohybu útku v konfuzoru. Až do současnosti ještě nebyla dokonale vypracována rovnice a teorie, které by shrnuly veškeré poznatky o vzduchovém prohozu útku a poskytují využití informací jak pro výrobce, tak pro uživatele, a proto se musíme tímto problémem více zabývat.



Obr.15 Schema tryskového prohozu a průběhy unašecí rychlosti vzduchu $v_p(x)$ a rychlost prohozeného útku $v_i(x)$.

Průběh rychlosti útku ukazuje, že na začátku prohozu $v_i(x)$ strměji narůstá až do určitého maxima a pak začne klesat zatímco rychlost vzduchu od počátku prohozu se snižuje až dosáhne kritické hodnoty $v_{p\,lim}$:

$$v_i(x) = v_{p_0}\sqrt{\frac{\alpha}{\beta\mu}}\sqrt{\frac{1-e^{-2\beta(x-l_0)}\{1+2\beta(x-l_0)\}e^{-2\beta l_0}}{2\beta(x-l_0)}}$$

Z uvedených teoretických vztahů a rovnic pojednávajících o vzduchovém prohozu útku vyplývá, že popis pohybu útku diferenciálními rovnicemi neposkytuje dostatečné informace o skutečném pohybu útku v konfuzoru. Až do současnosti ještě nebyla dokonale vypracována rovnice a teorie, které by shrnuly veškeré poznatky o vzduchovém prohozu útku a poskytují využití informací jak pro výrobce, tak pro uživatele, a proto se musíme tímto problémem více zabývat.

4.313 Trvání průletu útku

Doba prohozu útku T_i je průlet špičky útku do konce tkací šíře v níž předpokládáme krajní místo rozpadu proudu vzduchu. Za předpokladu relativně malého odporu proti pohybu útku ($\frac{c_R}{\mu} \leq\leq \beta$).

$$T_i = \int_0^l \frac{dx}{v_i(x)} = \frac{1}{v_{i_0}} \sqrt{\frac{\beta\mu}{\alpha}} \int_0^l \frac{dx}{\frac{1+e^{-2\frac{c_R}{\mu}x}}{2\frac{c_R}{\mu}} + \frac{1+e^{-2\beta}}{2\beta}}$$

Po numerickém výpočtu pro řadu hodnot šíře l, doba trvání průletu bude mít opravný následující vztah:

$$T_i = \frac{1}{v_{i_0}} \sqrt{\frac{\beta\mu}{\alpha}} \left(\frac{s}{2\beta} + l \right)$$

T_i . . . trvání prohozu [s]

μ . . . měrná délková hmotnost příze [kg.m^{-1}]

β . . . činitel ztrát rychlosti proudu vzduchu v konfuzoru

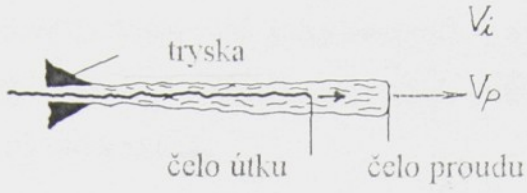
l . . . prohozní šířka 1m < l < 1,65m

Trvání prohozu T_i je nepřímoúměrné prohozní rychlosti vzduchu a narůstá s prohozní šíří l.

4.32 Význam tahové síly v útkové niti

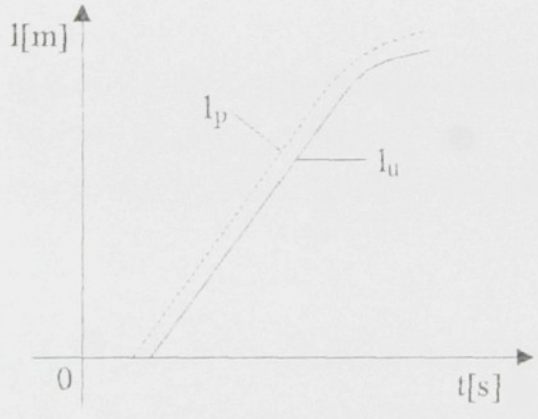
Kdyby byla útková nit při tryskovém prohozu vzduchovým proudem pouze unášena a měla by stejnou rychlost jako proud pracovního média nebylo by v tomto útku žádné napětí. Útek by se vlnil, tvořily by se kličky a celý prohoz by byl nejistý. A proto je zapotřebí tažné síly, která tyto napětí v útku vyvolá a po celou dobu prohozu udržuje.

Zavedené termíny čela útku a čela trysky proudu v průmyslovém výzkumu jejihž význam byl vyjádřen, tím že rychlost čela proudu vzduchu je větší než rychlost čela útku.



$$v_s = v_p - v_t [ms^{-1}]$$

Eexperimentální metodou se dala určit závislost mezi čelem proudu a čelem útku na čase a podle (1) byl sestaven tento průběh:



Obr.16 Dráha čel proudu a útku

Při prohozu tryskou je tah v útku vyvolán vzduchovým proudem. Tento tah je podmínkou k zanesení útkové nitě. Lze říci, že útek je vyvozen třením pracovního média o povr nitě.

4.321 Tahová síla působící na útek

Útek se zanáší do tkaniny u jednoprošlupních strojů jednorázově po celé šíři vysokou rychlostí. Tímto jeho napětí je ovlivněno a výtažek, který v důsledku proměnlivosti unášecí rychlosti není po celé šířce stejný.

Z nauky proudění velikost tažné síly proudící látky působící na částečce útkové příze je úměrná relativní rychlosti mezi prouděním vzduchu a rychlostí útku. Tato síla je závislá na rozměrech útkového tělesa, hustotě vzduchu, jeho vazkosti a na charakteru a drsnosti povrchu útku. Tahová síla působící na útek může mít takovýto tvar:

$$F = \frac{1}{2} c_R v_p^2 S \rho [N]$$

c_R . . . koeficient odporu vzduchu funkcí Reynoldsova čísla Re [1]
$\frac{1}{2} v_p^2 \rho$ . . . kinetická energie proudu [kg.m^{-1}.s^{-2}]
S . . . plocha útku promítnutá kolmo k proudění vzduchu [m^2]

Pilipenková, která věnovala tomuto problému hodně práce uváděla vztah pro výpočet tahové síly působící na část nitě v proudovém vzduchu experimentální metodou v závislosti na tlaku a na druhu materiálu útku. Její rovnice byla sestavena na základě rozdílu mezi rychlostmi proudu vzduchu a útku:

$$F = \frac{1}{2} c_R \rho d_u l_u [v_p(x) - v_i(x)]^2 [N]$$

ρ . . . hustota vzduchu [kg.m^{-3}]
d_u . . . průměr útkové nitě [m]
l_u . . . délka útku v proudu vzduchu [m]
$v_p(x) - v_i(x)$ . . . relativní rychlost mezi proudem vzduchu a útkem [m.s^{-1}]

Koeficient čelního odporu c_R není tak konstantní, ale je závislý na Reynoldsovu číslu tzn. na proudícím režimu. Také záleží na geometrickém tvaru povrchu útku a na jeho průměru. Čím je větší průměr útku tím je menší hodnota c_R při stejných hodnotách rychlosti proudění vzduchu.

Na základě toho Pilipenko uváděl výpočet působící síly na elementu útku dx v proudovém vzduchu:

$$dF = \pi \frac{1}{2} \rho d_u c_R [v_p(x)]^2 dx[N]$$

Tahová síla je dána integrálem předcházejícího vztahu podle obtékané délky útku L:

$$F = \pi \frac{1}{2} \rho d_u \int_0^L c_R(Re)[v_p(x)]^2 dx[N] \quad \text{kde} \quad Re = \frac{v_p d_u}{\upsilon}$$

U vzduchového tryskového tkacího stroje je útek vystřelovaný z trysky zanášen rychlostí závislou na odporu, který na něj působí v důsledku tření. Fletcher dospěl k zjištění odporu vzduchu a popsal další vztah, který má platnost jen v případě je-li rychlost proudu vzduchu nad 18,3ms^{-1}.

$$F = k d_u v_p^2 [g cm^{-1}]$$

F . . . odpor vzduchu [g.cm^{-1}]

d_u . . . průměr jádra příze [μm]

v_p . . . rychlost proudu vzduchu [m.s^{-1}]

k . . . koeficient závisí na druhu používané příze a pohybuje se od 1,5 pro příze z nekonečných vláken, až po 11,2 pro jednoduchou předenou přízi

Bude-li útek jako pohybující se odstřižek v proudu vzduchu, musíme brát v úvahu jeho rychlost a pak tahová síla vyvolaná proudem vzduchu bude mít následující tvar:

$$F = \pi \frac{1}{2} c_R d_u l_u [v_p(x) - v_l(x)]^2 [N]$$

Jiní odborníci uvedli jiný vztah tahové síly proudu vzduchu pro stejnou délku útkové příze:

$$F = f\rho d_u l_u [v_p(x) - v_1(x)]^2 [N]$$

f . . . koeficient tření [1]

ρ . . . hustota vzduchu [kg.m^{-3}]

l_u . . . délka útku [m]

U Noska tah proudu působící na útek byl odvozen z pohybové rovnice, která byla dána vztahem:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial E}{\partial v_1}\right) - \left(\frac{\partial E}{\partial x_1}\right) + F_0 + F_t = F$$

Tahová síla byla určena integrálem dílčích sil podél obtékané délky x vstupující do proudu vzduchu:

$$F = \int_x dF = \int_x \alpha[v_p(x) - v_1(x)]^2 = \int_x \alpha[v_{p0} e^{-\beta x}]^2 dx$$

po opravě

$$F = \frac{\alpha}{2\beta} v_{p0}^2 (1 - e^{-2\beta x})$$

α . . . součinitel tahu proudícího vzduchu na útek [1]

β . . . součinitel poklesu rychlosti vzduchu v proudu [m^{-1}]

v_{po} . . . počáteční rychlost proudu [m.s^{-1}]

x . . . délka útku v proudovém vzduchu [m]

Z těchto vztahů vyplívá, že tažná síla působící na útek při tryskovém prohozu je funkcí několika parametrů jako čtverce relativní rychlosti, drsnosti, délky útkové nitě a vazkosti pracovního media, která je velmi závislá na teplotě. Se zvětšující se vazkostí se tažná

síla zvyšuje. Tahová síla je tím vyšší, čím je povrch útkové nitě drsnější. Výrazně se projeví u vzduchového prohozu vzhledem k malé vazkosti proudícího vzduchu.

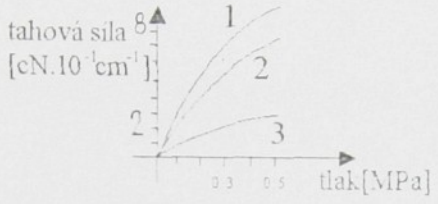
4.322 Tahová síla a její efektivní rozsah

Je známo, že rychlost proudu vzduchu se snižuje v závislosti na oddálení od hlavní trysky. Hlavní odporová síla působící na útek je vyvolaná třením mezi proudícím vzduchem a povrchem útku. A proto, aby útkové nitě nezpomalily, musí být vždycky rychlost proudu větší než rychlost útku.

Podle experimentu provedeného v Japonsku v letech 1982 Ishida uvedl, že hnací síla působící na útek se zvyšuje podle délky prohozené z hlavní trysky a to je zřejmé. Dosažené výsledky potvrzují co bylo řečeno s vyjímkou, že neplatí pro celou šířku konfuzoru, jen pro určité vzdálenosti od trysky kde se tahová síla nezvyšuje. Tato skutečnost definuje tento účinný rozsah proudového vzduchu pro zanášení útkové příze. Po určité vzdálenosti se hnací síla působící na vedoucí konec příze snižuje poklesem rychlosti vzduchu. Proto se v nějaké vzdálenosti po proudu vzduchu začne zadní konec útku pohybovat rychleji než vodící část. Tento jev se projevuje právě při našem měření, které jsme prováděli.

4.323 Závislost tahové síly na tlaku vzduchu

V Curychu (Švýcarsko) na Technické Vysoké Škole byly provedeny experimentální zkoušky a tam dospěli k výsledkům uvedeným na tomto grafu, který uvádí závislost tahová síly působící na útek na tlaku vzduchu.



Obr.17 Tahová síla v závislosti na tlaku vzduchu

křivka 1 . . . bavlna 20tex
křivka 2 . . . mercerovaná bavlna 20tex
křivka 3 . . . hladké hedvábí 167dtex

Tahová síla je ovlivněna počtem filamentů v útkové niti a průměrem útku. Se zvětšením počtu filamentů se zvětšuje tahová síla v útku a čím je větší průměr útku, tím je menší koeficient čelního odporu c_R při stejných hodnotách rychlosti proudění vzdchu. Poklesem c_R se zvětšuje plocha povrchu útku a tímto tahová síla vždycky roste.

4.324 Závislost tahové síly na kmitání útku v proudu vzduchu

Tažné síly a koeficient čelního odporu c_R podle některých autorů jsou spjaty s charakterem kmitání útku v proudu vzduchu a s jeho tvarem a jeho intenzitou, které závisí na

složité struktuře vzduchu. Kmitání útku lze pozorovat pomocí stroboskopu a tahové síly se dají registrovat citlivým snímačem. Útek kmitá vznikem vírů v proudu vzduchu.

5. Praktická část

Řešit otázky jak pohybu útku tak proudění vzduchu není vůbec lehká záležitost a sice teoretické řešení není natolik přesné, a proto je zapotřebí provést experimentální řešení

5.1 Proč měříme rychlosti útkové nitě a tahové síly ?

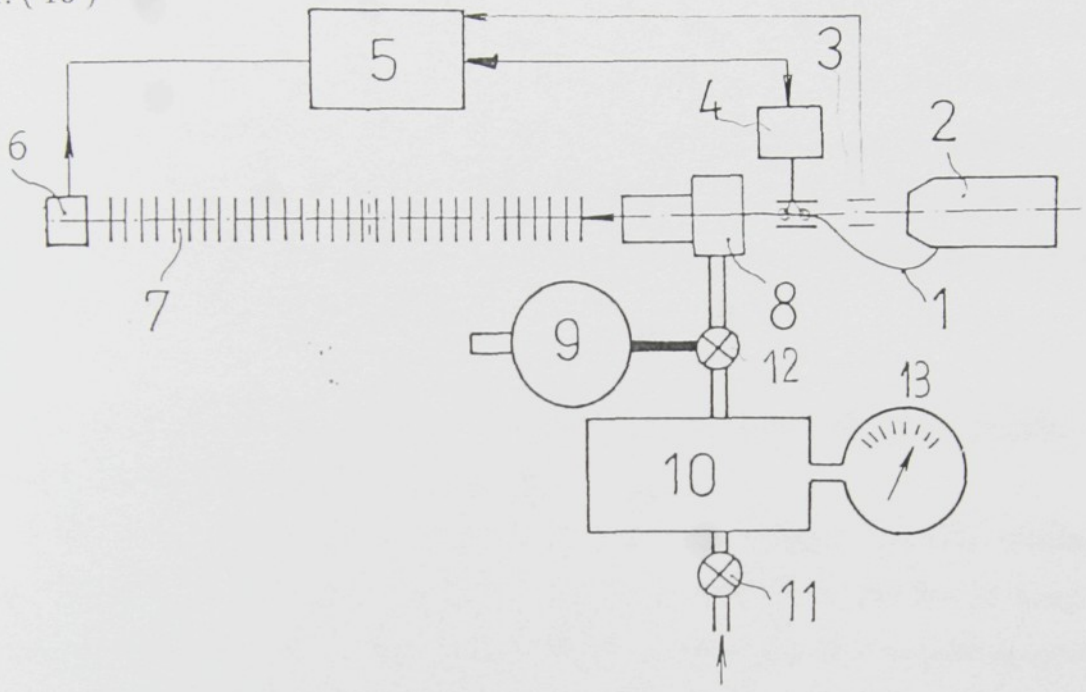
Přesné měření a trvalé studium rychlosti útku a tahové síly vyvolaný prohozním ústrojím je rozhodně jedno z nutných podmínek pro spolehlivý vývoj v textilním průmyslu jako celku a pro lepší pochopení a optimalizaci vlastního vzduchového prohozu.

Měření rychlosti prohozu útku na pneumatickém stavu vyplývá z těchto následujících teoretických a praktických potřeb:

- objektivně hodnotit vývojové a výzkumné práce na prohozních ústrojích tryskových tkacích strojů a správně posoudit průběh rychlosti a tažných sil vytvořených při prohozu útku.
- v provozních podmínkách tkalcoven poskytuje se informace pro optimální a stabilní seřízení prohozních ústrojí a odměřovačů a pro celé řízení tkacího stroje.
- poskytovat trvalé informace o průběhu rychlosti útkové nitě kontrolní jednotce tkacího stroje, která na základě této a dalších informací provede kontrolu průběhu zanášení útkových nití, hledá vznik chyb a stanoví jejich místa a velikosti.
- to jsou velice důležité předpoklady, které jsou nezbytné pro vývoj a výzkum.

5.2 Popis měřícího zařízení

Pro měření rychlosti útkové nitě v prohozním kanálu a měření tahových sil působících na útek byla zkonstruována měřící stolice, jejíž principielní schema je znázorněno na obr. (18)



Obr.18 Experimentální zařízení pro měření rychlosti útku a odtahové síly vyvolané v útku při prohozu

1-útek

2-odvíječ

3-tenziometr

4-optoelektronický senzor pro měření rychlosti pohybu útku

5-měřící ústředna a personální počítač

6-optoelektronický senzor pro indikaci času doletu

7-konfuzor

8-hlavní tryska

9-kyvadlo se závažím

10-vzdušník

11-ventil přívodu tlakového vzduchu

12-ventil trysky

13-manometr pro sledování tlaku vzduchu

Mezi odvíječem a vkládací tryskou je umístěn optoelektronický sensor, který slouží pro měření rychlosti pohybu útkové nitě. Útek odebíraný ze zásoby na odvíječi prochází tímto optoelektronockým senzorem, tryskou a konfuzorem. Pro sledování útková nitě na doletové straně konfuzoru je umístěn druhý optoelektronický senzor japonské firmy OMRON, jehož výstup je připojen na měřící ústřednu. Tento snímač má za úkol indikovat čas doletu útku a vyjádřit ho signálem, který se zpracovává a z něhož se určuje zpoždění útku při vlnění nebo při vytváření kličky.

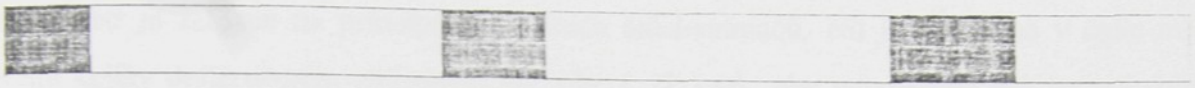
V případě měření tahových sil bylo použito tenziometru , který byl umístěn mezi odvíječem a senzorem pro měření rychlosti nitě.

Podle obr. (18) vzduch je dávkován ze vzdušníku ventilem. Otevírání ventilu bylo zajištěno mechanicky jednorázově pomocí kyvadla se závažím G. Poloha ze které bylo spouštěno kyvadlo pro potřebu řízení doby otevření ventilu trysky byla stanovena optimálně předem tak, aby došlo k doletu útku celým konfuzorem. Přívod vzduchu do hlavní trysky je realizován pomocí zásobníku vzduchu přes ventil trysky. Požadovaný tlak dodávaného vzduchu ve vzdušníku před prohozem zajišťuje ventil přívodu vzduchu a je sledován manometrem s maximální výchylkou 1,6MPa.

5.21 Optoelektronický senzor pro měření rychlosti pohybu nitě

Tento optoelektronický senzor pracuje na principu rozlišení množství odraženého světla od světlých úseků a tmavých úseků nitě. Přípravek byl napájen stejnoměrným stabilizovaným napětím 5V. Tento elektronický člen nám slouží k snímání pohybu útku v okamžicích kdy došlo k přechodu ze světlého úseku do tmavého a naopak. Nit byla obarvena

na úseky po 150mm kde bylo cca 30mm tmavého úseku a zbytek byl světlý, z něhož se odráželo větší množství světla než z tmavé části viz. obr. (19) . Nit byla osvětlena infra LED (light emitting diode) S H 485 P-2 a odražené světlo bylo snímáno infrafototranzistorem IRE5.



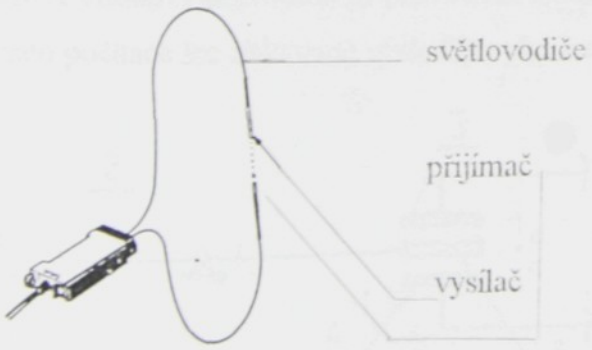
Tmavý úsek ... 30 mm

Světlý úsek ... 120 mm

Obr.19 Obarvená nit po úsecích 150 mm

5.22 Optoelektronický senzor pro indikaci času doletu útku

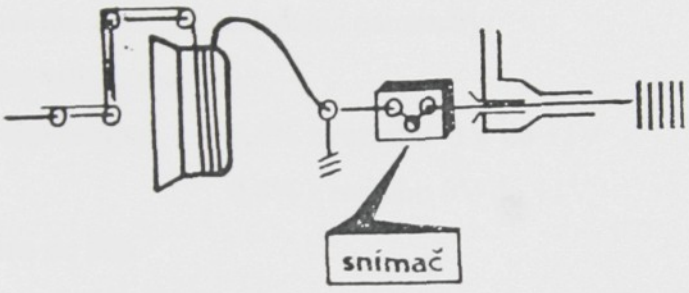
Senzor typu E 3X-A21 japonské firmy OMRON pracuje na optoelektronickém principu. elektronická část je napájena 12V. Přijímač a vysílač světla z elektronické části jsou připojeny ke konci konfuzoru pomocí světlovodičů. Při doletu niti do oblasti čidla se odrazí světlo a na výstupu elektroniky se vyšle impuls.



Obr.20 Optoelektronický senzor pro indikaci doletu útku

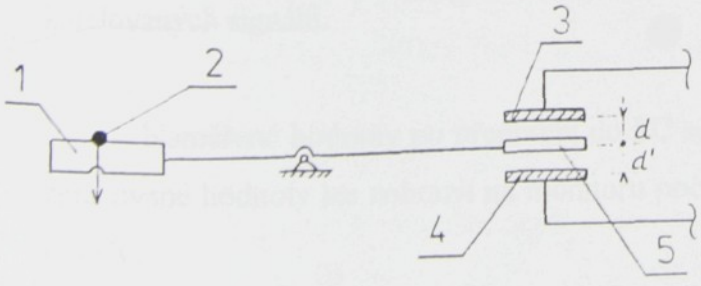
5.23 Tenziometr

Tahová síla působící na útek byla měřena tenziometrem švícarské firmy ROTOSCHILD umístěném mezi senzorempro měření rychlosti nitě a odvíječe. Použitý tenzometr je založen na principu kapacitních čidel-snímačů. Nit je navedena v čidle mezi třemi kolíky definovaným způsobem viz. obr. (21) tak, aby vyvozovala tlak na pohyblivý kolík ve směru šipky. Měnícím se tahem v útkové niti dojde k vychílení kolíku a sním i pohyblivé destičky mezi pevnými deskami kondenzátoru uvnitř snímače.



Obr.21 Měřící zařízení tahových sil v útku

Do čidla je přivedeno střídavé napětí. Podle vyvolaného tahu útku se mění tloušťka dielektrika viz. obr. (22) , čímž se mění také kapacita kondenzátoru. Změna kapacity způsobí změnu výstupního stejnoměrného napětí, které vystupuje do měřící ústředny a přes analogově číslicový převodník je převedeno do číslicové podoby a přeneseno do paměti PC. Z paměti počítače lze získavané výsledky vyhodnotit, zobrazit i vytisknout.



1-pohyblivý kolík snímače
2-útková nit působící silou F
3,4-pevné desky kondenzátoru
5-pohyblivá destička kondenzátoru
F-působící síla na kolik útkem

Obr.22 Schema kapacitního snímače

5.24 Měřící ústředna a zpracování impulsu

Elektrický signál je převeden do měřící ústředny a pak přenesen do paměti počítače kde se dále zpracovává.

Měřící ústředna

Měřící ústředna MU01 umožňuje při použití počítače typy PC záznam, zpracování a tisk max. 16 analogových signálů a výstup max. dvě inkrementální čidel.

Měřící ústředna má základní následující parametry:

- úroveň analogového vstupu max±1V
- rozlišení analogového vstupu 0,4% z rozsahu -1V do +1V
  0,8% z rozsahu 0V do +1V
- doba měření od 1ms do 60s
- interval doby měření od 12μs do 10s
- kapacita paměti max 260KB

Programování a čtení naměřených hodnot je pomocí počítače seriovou linkou RS 232 C s přenosovou rychlostí 9,6KBd. Podpůrný software je napsán v Turbo Pascalu ver. 6.0. Měřící ústředna je řízena jednodeskovým počítačem na bázi Z80. Analogové kanály mají na vstupu vzorkovací zesilovače, což umožňuje navzorkovat všechny vybrané kanály současně do paměťových kondenzátorů a ty pak postupně přečíst. Toto je vhodné při měření korelovaných signálů.

Naměřené hodnoty po přenesení do PC se zpracují pomocí programu Famulus 3.5 a zpracované hodnoty lze zobrazit na monitoru počítače a vytisknout na 24 jehličkové tiskárně LQ570.

5.3 Experimentální měření rychlosti prohozeného útku

Střední rychlost útku vypočteme ze známého matematického vztahu, že známe zmeřenou délku útku l při prohozu a dobu sthnu niti po celém konfuzoru od ústí hlavní trysky a sice je t_s.

$$v_s = \frac{l}{t_s}[ms^{-1}]$$

l . . . naměřená délka prohozu útku při daném tlaku vzduchu [m]

t_s . . . čas prohozu útku při kterém letí útek od ústí trysky až do konce konfuzoru

5.31 Měřící metody rychlosti útku

Zvolit experimentální metodu pro měření rychlosti prohozu útku je důležité, aby získávané výsledky co nejvíce odpovídaly současné úrovni techniky a omezovaly negativní působení použitého měřicího zařízení, na kterém provádíme experimenty.

Zvolená metoda spočívala v tom, že jsme nanesli na niť speciální barvu, která má určité charakteristiky vhodné pro textilní materiály a kde koeficient odrazu světla musí být co nejmenší. Bylo vhodnější vybrat bezdotykovou metodu, protože nezanáší žádné odporové síly proti pohybu útku při průletu.

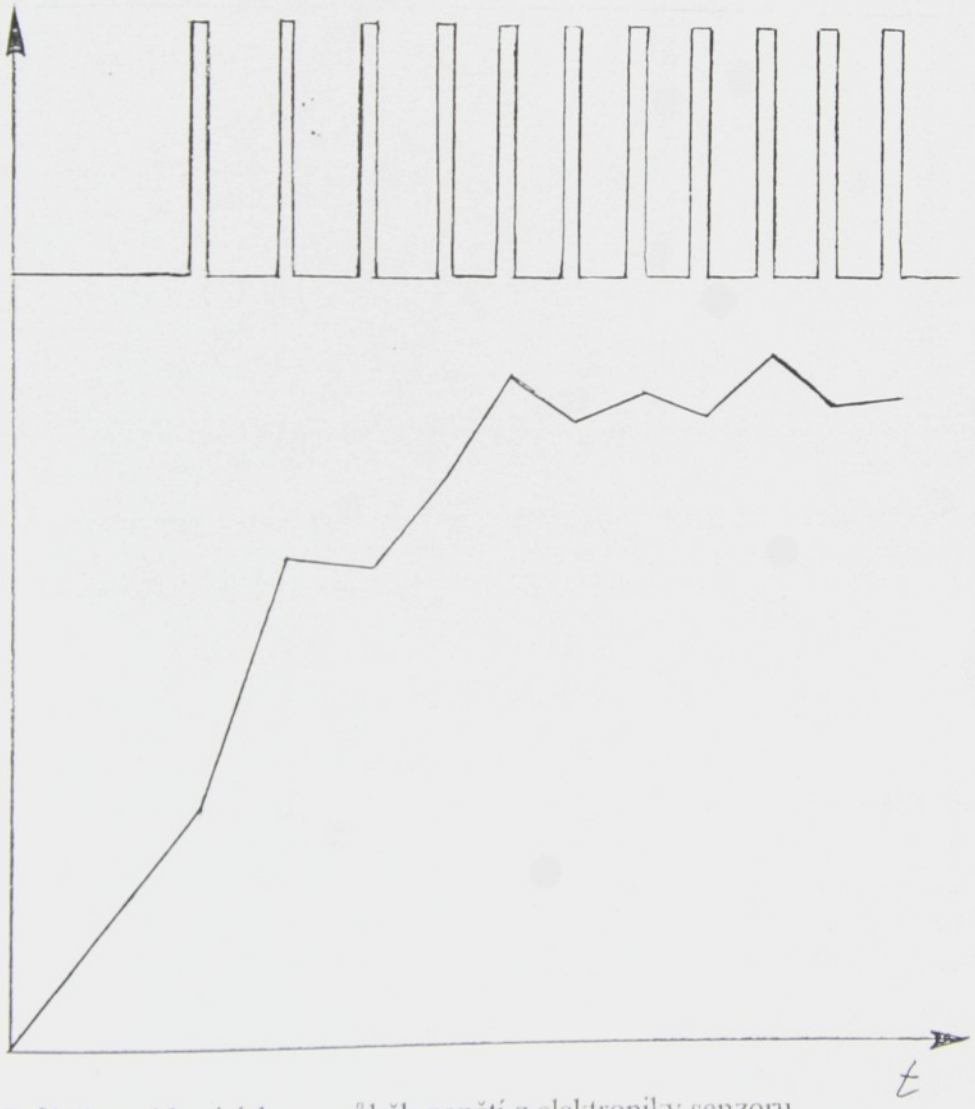
Fotoelektrická metoda měření rychlodti konfuzoru je založena na zjištění rychlosti čela útku z měření času potřebného k překonání určité vzdálenosti v prohozním kanálu.

Znalost pouze střední rychlost útkové niti, kterou vypočteme ze změřené délky útku a doby sthu niti je docela postačující, ale bylo by vhodnější měřit průběžně rychlosti po celou dobu prohozu útku. Protože v tomto případě kdykoliv můžeme zjistit odchylku průběhu měření rychlosti.

K této práci nám stačila tato relativně jednoduchá metoda, kvůli přednosti. pro získání naměřených hodnot během strhu nitě z bubínku odměřovače když je stanoven počátek a konec prohozu.

5.311 Princip měření

Obarvený útek při své pohybu do konfuzoru před tryskou prochází senzorem pro měření rychlosti a je osvětlován infradiodou. Odražené světlo se snímá a v elektronické části se mění na napětí, které je znázorněno v obdélníkovém průběhu viz. obr. (23).



Obr.23 Průběh rychlosti útku a průběh napětí z elektroniky senzoru

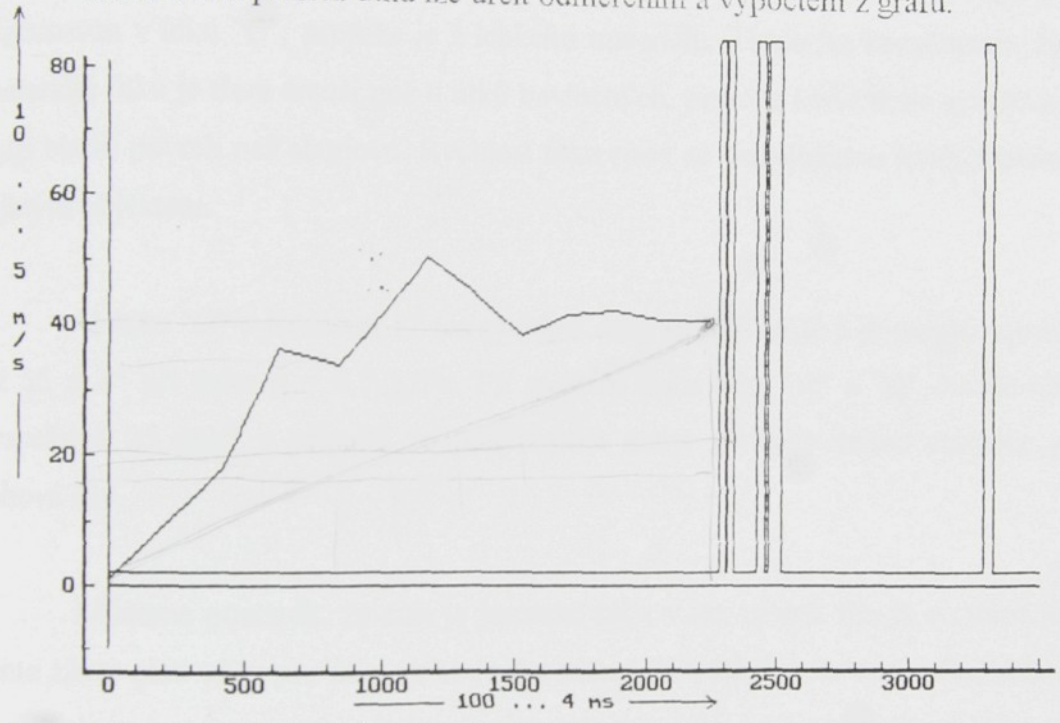
Pomocí programu Famulus se vypočítá z průběhu napětí průběh rychlosti podle vzorce střední rychlosti $v = \frac{s}{t}$, kde s je konstantní délka úseku 150mm.

5.32 Vyhodnocení měření rychlosti útku

Rychlost letu útku V_i zjistíme, jak jsme uvedlim, z matematického vztahu

$$v_i = \frac{z}{t}[m.s^{-1}]$$

Dobu trvání průletu útku lze určit odměřením a výpočtem z grafu.



Obr. Měření rychlosti útků nitě "A" při tlaku 0,55 MPa

Pro 100 dílků = 4 ms. Čas průletu figuruje 2300 dílků t = 23.4 = 92 ms

Známe, že doletová délka je konstantní a má hodnotu 1625 mm.

Po dosazení do vztahu $v_i = \frac{z}{t}$ získáme střední rychlost útku, který letěl rychlostí 17,66 $m.s^{-1}$.

Průběhy rychlosti pro každý typ útku v prohozním kanálu jsou uvedeny v přílohách od přílohy 1. až do přílohy 18. při různých tlacích od 0,4 až do 0,7 MPa a s použitím snímače pro měření tahové síly v útku i bez něho. Vidíme u všech průběhů rychlosti útků "A", "B" a "C" s respektivními jemnostmi 200 tex, 70 tex a 17 tex, že rychlost útku "A" s použitím tenziometru je nižší než rychlost útku neprocházejícím tenziometrem o 30 % na

konci rozběhu útku v čase 40 ms, kdy rychlost ustálý rozptyl rychlosti, klesne na 20 %. Lze říci, že snímač pro měření tahové síly zbrzdí pohyb útku a pokles rychlosti je způsoben třením mezi útkem a kolíky snímače.

Lze pozorovat, že s použitím snímače pro měření tahové síly někdy útek nedoletí až na konec konfuzoru, protože v některých přílohách nebyl snímán dolet útku snímačem pro indikaci doletu viz. přílohy č. 1 a 5 u útku "A" a číslo 7 u útku "B". Tento jev nikdy nebyl registrován v útku "C", protože je z lehkého materiálu. Tímto lze konstatovat, že u lehkých materiálů útku je tření menší než u útků bavlněných, protože lehké nebo syntetické materiály mají hladší povrch než staplové. Rychlost útku roste se snižujícím se koeficientem tření útku s jiným objektem.

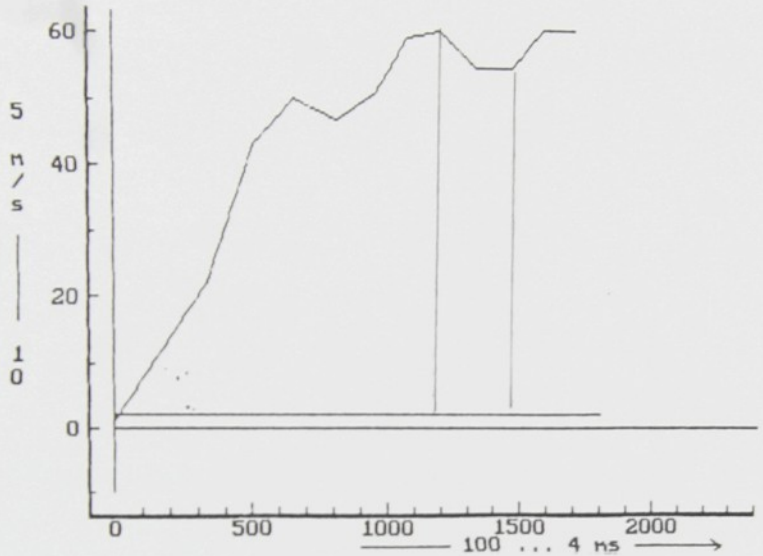
U útku "C" s jemností 17 tex rychlost útku strměji roste a dosahuje největší hodnoty až 55 $m.s^{-1}$ při tlaku p = 0,7 MPa. Při stejném tlaku útky "B" a "A" dosahovaly 32 $m.s^{-1}$ respektivě 25 $m.s^{-1}$ v případě že pohyb útku nebyl zbrzděn třením snímače pro měření tahové síly.

Můžeme posoudit, že čím je jemnost útku v tex menší, tím je rychlost útku vyšší a tento závěr platí vždy pro útky ze stejného materiálu a když jsou útky z různých materiálů a mají stejnou jemnost musíme brát v úvahu strukturu útku a jeho povrchové vlastnosti.

Při variaci hodoty tlaků ze vzdušníku a zachování ostatních parametrů a předpokladů plyne, že se zvyšujícím se tlakem rychlost útku roste a zachová svůj průběh a bude nepatrně vidět u větších hodnot tlaku pro všechny druhy materiálů, na kterých jsme provedli měření, viz. přílohy 19, 20, 21.

Tato závislost mezi tlakem a rychlostí není vůbec lineární. V přílohách 22 až 25 bylo cílem změřit, je-li závislost rychlosti útku na zvýšení tlaku stejná při použití různých materiálů. Na uvedených příslušných průbězích je vidět, že když jde o jemnější útek, tak jeho rychlost vždycky rychle roste a tato rychlost je větší než u hrubších materiálů. Dolet útku lehčího materiálu je také rychlejší.

U všech získávaných průběhů a dosažených výsledků v odborné literatuře potvrzují výchylky objevené v rychlosti prohozního útku, jak u útku "A", "B" tak i "C". Tyto výchylky jsou způsobeny tím, že tahová síla v určitých místech po dráze pohybu útku působící na vedoucí konec útku se snižuje poklesem rychlosti vzduchu, kdy se začne zadní konec útku pohybovat rychleji než vodící část.



Obr. Rychlosti útku, kde na označeném úseku je zadní konec rychlejší než vodící část

5.321 Faktory ovlivňující rychlosti útku

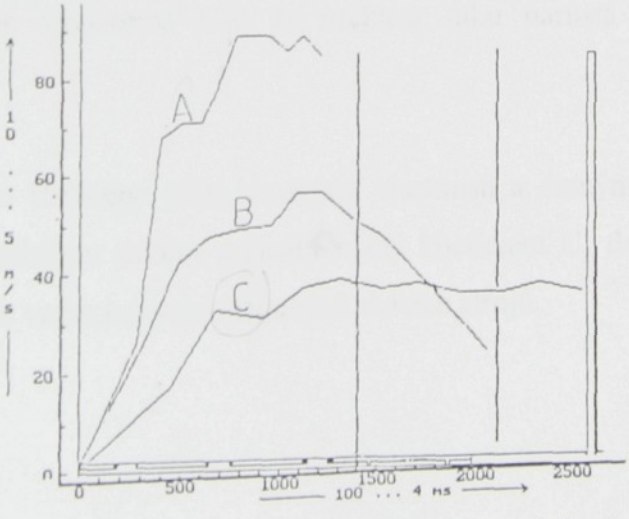
5.3211 Vliv délkové hmotnosti útku na jeho rychlost

Pod tímto titulkem byla sledována otázka vlivu délkové hmotnosti a nestejnoměrnosti materialu útkové nitě na rychlosti útku při různých rychlostech vzduchu.

Experimentální cestou se došlo k závěru, že maximální rychlosti útku v prohoznim kanálu roste se snižující se hmotností útkové nitě to je nižší hodnota v tex. a rychlejší náběh rychlosti útku bylo měřeno u lehčích materiálů třeba jako syntetického materiálu, tady nárůst rychlosti je velice strmý což je velmi vhodné z hlediska rychlosti prohozu a lze dosáhnout větší prodiktivity tkanin na tkacích stavech. Čím je jemnost útku v tex menší tím je střední rychlost prohozeného útku vyšší a toto pravidlo platí pro útky ze stejného materiálu.

Útky ze syntetického materiálu, které mají stejnou jemnost jak bavlněné útky, mají střední rychlost útku nižší, protože povrch bavlněné příze je drsnější.

K tomuto důležitému problému lze posoudit, že vliv hmotných a objemových nestejnoměrností bavlněného materiálu útku na rychlost útkové příze při prohozu je velice patrný a výrazný.



Obr. Průběhy rychlostí útku v závislosti na jemnosti materiálu při daném tlaku 0,4MPa.

5.3212 Vliv koeficientů odporu vzduchu na rychlosti útku

Odporové koeficienty vzduchového proudu působící na útek při průletu nemají velký vliv na růst nebo na pokles rychlosti útku i při zmenšení nebo zvětšení některý z nichž se rychlost útkové příze chová v přímé závislosti jak roste nebo klesá.

Podle (1) byly definovány čtyři různé koeficiety odporu vzduchu, které zatěžují pohyb útku při prohozu od jeho odvíjení z odměřovače po celé dráze konfuzoru.

C_o . . . koeficient odporu před hlavní trupkou
C_1 . . . koeficient odporu v útkové trubici hlavní trysky
C_2 . . . koeficient odporu výstupní trubice
C_3 . . . koeficient odporu v prohozním kanálu útku tj. konfuzor nebo profilovaný paprsek.

Koeficient C_o a C_1 způsobují především brzdění rychlosti útku v úseku útkové trubice hlavní trysky a podle několika odborných prací dalo se říci, že pokles rychlosti vlivem útkové trubice hlavní trysky se projevuje velice slabě.

Podle podrobných měření provedených v práci (1) se ukázalo, že závislost C_2 na rychlost útku je poměrně významná tím, že rychlost útku narůstá se zvyšujícím se koeficienten C_2 .

Z toho vyplývá, že bavlněné příze se svými vlastnosti a drsným povrchem oproti hedvábné přízi nebo syntetickým útkům majícím nízký koeficient C_2 dosahuje maximální rychlost a lepší produktivitu vzduchových tryskových tkacích strojů.

5.3213 Vliv délky výstupní trubice hlavní trysky na rychlost útku

Další faktor, kterým jsme se vůbec nezabývali při našem měření má nezanedbatelný vliv na rychlost průletu útku, ale v odborné literatuře bylo cílem výzkumu a experimentu. Bylo naměřeno rychlosti proudového vzduchu při použití různých hlavních trysek s různými délkami výstupní trubice. A podle získaných výsledků (1) došlo k tomu, že rychlost útku, která je funkcí rychlosti proudového vzduchu v závislosti na délce výstupní trubice hlavní trysky narůstá i při odlišných prohozních rychlostech vzduchového proudu v_p. A ten přírůstek rychlosti je rychlý a zmenšuje se u větších délek výstupní trubice hlavní trysky.

Lze shrnout, že rychlost útku roste se zvětšující se rychlostí produ vzduchu v ústí hlavní trysky a vliv její délky na rychlost prohozeného útku klesá s klesající rychlostí v ústí hlavní trysky, ale při prodloužení výstupní trubice se rychlost útku zvyšuje pomaleji.

5.3214 Vliv tlaku vzduchu na prohozní rychlost útku

Z ekonomického hlediska vyplývá, že musíme hospodařit co nejlépe s použitým vzduchem a určit nejmenší prohozní tlak, který umožňuje průlet čela útku sledovaným místem. K tomuto měření jsme používali různé materiály útku s různými jemnostmi, dvě nitě bavlněné a jednu nit ze syntetického materiálu.

Prohozní rychlost je úměrně závislá na čase průletu a na délce prohozeného útku. Přičemž délka prohozeného útku je závislá na tlaku vzduchu v trysce.

$$v_i = \frac{L}{t}$$

L ... naměřená hodnota prohozené délky při daném tlaku vzduchu

Podle naměřených výsledků a podle získaných průběhů vyplývá, že čím je větší tlak, tím je větší rychlost prohozu útku, viz. obr. Příloha 20

1. tlak 0,7 MPa
2. tlak 0,6 Mpa
3. tlak 0,5 Mpa
4. tlak 0,4 Mpa

Obr. Průběhy vlivu zvýšení tlaku na rychlosti útku "B" (70 tex)

Podle obrázku (P.20) v daném místě prohozní dráhy při tlaku p = 0,7 MPa rychlost útku dosahovala nejvyšší hodnoty 36 $m.s^{-1}$, ale je nižší o 9 % při prohozu stejného útku ve stejném místě při tlaku 0,4 MPa.

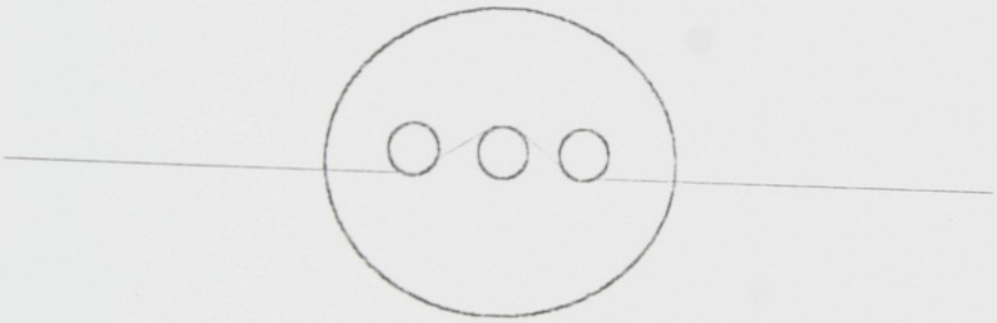
Obdobné závěry lze vyčíst z průběhu rychlosti útku v závislosti na tlaku v trysce při zkoušení jiného druhu materiálu útku, jak ukazují přílohy 19 až 21.

5.4 Měření tahové síly v útku při prohozu

Veškerá prktická měření probíhala v laboratoři KTT při reativní vlhkosti vzduchu 50% a teplotě vzduchu 22°C. Úkolem bylo zjistit závislost tahové síly před hlavní tryskou v závslosti na čase prohozu a chování tahové síly při vlastním prohozu u různých materiálů útku.

5.41 Měřící zařízení pro měření tahové síly

K měření tahové síly bylo používáno kapacitního snímače tahovch sil firmy ROTSCHIELD, jehož princip byl již uveden viz. (5.23).



Obr. Schéma navedení útkové nitě do snímače

5.411 Cejchování snímače

Před vlastním měřením bylo nutno snímače ocejchovat. Snímač byl na stojanu umístěn tak, aby navedená nit směřovala svisle dolů. Na nit bylo postupně zavěšeno závaží o hmotnosti 50g, 100g a 200g.

Při měření tahové síly u používaných materiálů útku platí:

- pro nit, kterou nazýváme nit "A" tj. nejhrubší nit s jemností 200tex
  10 dílků=250mN
- pro nit "B" s jemností 70tex platí
  10 dílků=125mN
- poslední nit "C" tj. nejlehčí má jemnost 10tex bude platit
  10 dílků=62,5mN

5.42 Vyhodnocení záznamu tahových sil v útku

Na začátku prohozu útku tahová síla lineárně roste v závislosti na čase a prozené délce. Po rozběhu útkové nitě začne kolísat kolem nějaké střední hodnoty, která se dá vyčíst z grafů. největší kolísání této tahové síly je u nitě "A", o něco menší při zkoušení nitě "B" a nejmenší se projevilo u nitě "C". Toto kolísání je způsobeno:

- nestejnoměrností útkové příze
- odvíjením útku na odměřovač
- náhodnými vlivy (třením mezi útkem a měřicím zařízením)

Ze všech průběhů lze konstatovat že tahové síly rostou s rostoucí rychlostí útku a klesají s klesající rychlostí pohybu útku. Z tohoto se dá vydedukovat:

- čím je tlak větší, tím větší jsou tahové síly působící na útek a mají lineární závislost
- tahové síly se postupně zvětšují v závislosti na čase tzn. v závislosti na doletové délce, protože doletová délka je lineárně závislá na čase.
- Vyvolané tahové síly na nit v klidu nebo v pomalém pohybu, tj. na začátku prohozu jsou výrazně nižší než na konci prohozu, když je celý útek vytažený. Lze vidět tento jev zobrazený u útku "B" a "C" nebo u útku "A" při vyšším tlaku 0,7 MPa.

Porovnáním průběhů tahových sil u útku "A", "B" a "C" je patrně vidět, že tahové síly jsou vyšší u útku "A" než u útku "B" nebo "C". Tyto síly jsou přímo závislé na druhu materiálu útku a na jeho strukturních charakteristikách jako jemnosti tloušťky, nestejnoměrnosti atd.

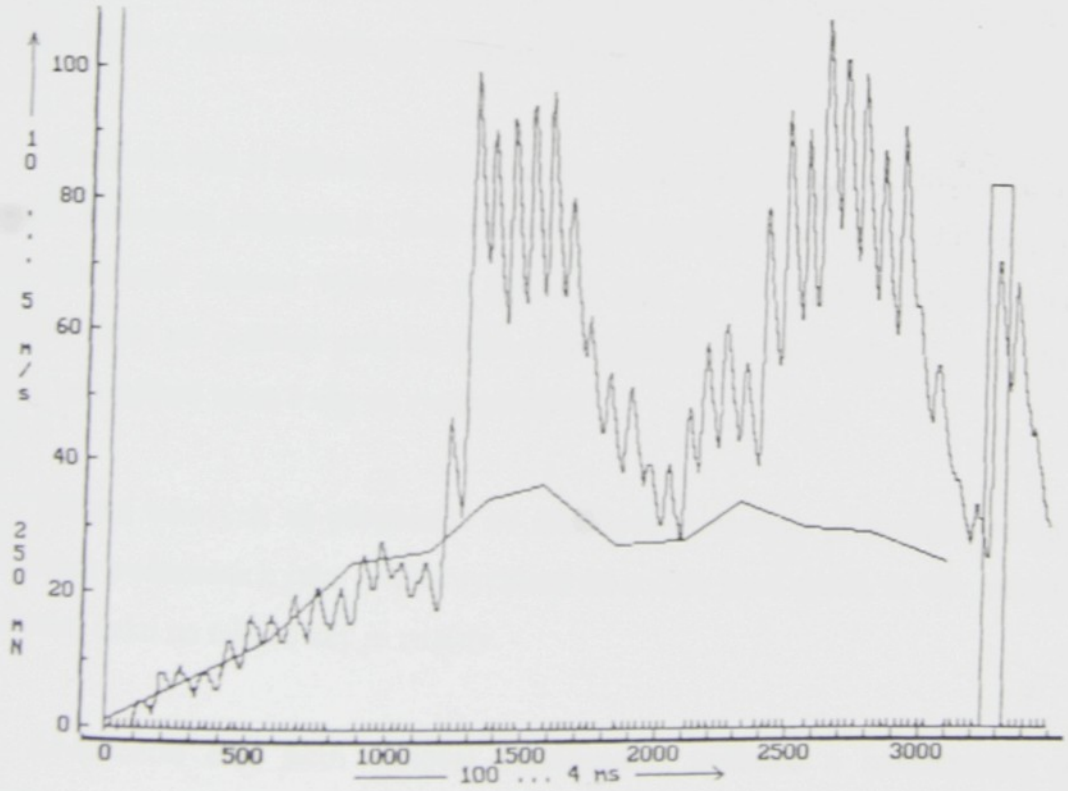
Závěrem z tohoto vyplývá, čím má útek větší jemnost v tex, tím jsou tahové síly vyvolané v útku při prohozu větší.

5.43 Vliv nestejnoměrnosti na tahové síly při prohozu útku

Staplové příze se vyznačují hmotnou a objemnou nestejnoměrností. Na části příze s měnícím se průměrem a hmotností působí při pohybu útku různé velké odpory prostředí a mění se také složky působící síly: dynamické síly, odstředivé síly atd.

Dominantně se tato nestejnoměrnost příze projeví skokovou změnou tažné síly prohozní trysky jak ukazují průběhy odtahové síli naměřené u různých přízí s různými jemnostmi. (viz příloha odtahové síly).

U syntetických materiálů útku, kde povrch příze je hladký a mají odlišné vysokoelastické vlastnosti k těmto výchylkám a změnám v průběhu působících tahových sil skoro nedochází, i když jsou projeveny velice slabě.



Obr. Skokové změny tahové síly působící na útek způsobené nestejnoměrností útkové nitě

6 Závěr

Diplomová práce byla členěna do dvou částí. První část byla zaměřena na teoretické řešení rychlosti proudu vzduchu v trysce a konfuzoru a na studie dvou nejdůležitějších parametrů útkové nitě, kterými jsou rychlost útku a tahové síly, které na něj působí při prohozu. Náplní druhé části bylo zkoumat a pozorovat jakou rychlostí se pohybuje útek při prohozu jednou tryskou do konfuzoru.

Problém teoretického řešení je velice složitý a skoro prakticky nemožný, protože řešení pohybové rovnice útku v proudovém vzduchu nebo konfuzoru nevychází v elementárních funkcích. Nqkolik parametrů působících na rychlost útkové nitě nebylo určeno: hlavní tryska, rychlost proudu, odporové koeficienty atd. Proto nám teoretické řešení nepřináší moc zajímavé výsledky.

V teoretické části jsem se zabýval významem tahových sil vyvolaných v útku a jejich závislostí na tlaku vzduchu. Nejzajímavější bylo určení efektivního rozsahu tahových sil, a tím byl vysvětlen pokles rychlosti útku a poté nárůst této rychlosti v určitém časovém intervalu, nebo v určitém úseku po prohozní dráze.

Praktická část je dělena na dvě části. První část bylo měření rychlosti útku u různých materiálů s různými jemnostmi. Toto měření bylo provedeno při různých tlacích. Pak jsme mohli vyhodnotit získané výsledky a posoudit jaký je vliv druhu materiálu útku a vliv zvyšování tlaku na rychlost pohybu útku v prohozním kanále. Sledovali jsme vliv tření v použití snímače pro měření tahové síly na rychlost útku.

Měření tahových sil působících na útek bylo provedeno při stejných technických i klimatických podmínkách jako měření rychlosti útku. Zde jsme zjistili, že vliv materiálu útku a zvyšování tlaku na tahové síly je značný.

Závěrečnou část jsem věnoval vyhodnocení výsledků a komentování průběhu rychlosti útku a průběhu tahových sil. Dospěl jsem k těmto závěrům:

- čím je větší tlak, tím je rychlost pohybu útku a tahových sil větší
- čím je jemnost útku v tex větší, tím je rychlost útku menší . Toto pravidlo někdy platí i pro útky z různých materiálů
- při větších rychlostech se tahové síly výrazně zvětšují, hlavně na začátku prohozu, a pak narůstají pomaleji, když se rychlost útku ustálí
- pro hrubší materiály se tahové síly vyvolané na útek zvětšují lineárně

Doporučil bych, aby měření dále pokračovala a zkoušelo se více útků z různých materiálů a bylo by ideální provádět měření přímo na tkacím stroji s použitím jiných druhů trysek. Nejvhodnější by bylo vyzkoušet Lavalovou trysku při prohozu, i když je to příliš problematické.

Přehled výzkumu do budoucna

U pneumatického prohozu působí na útek proudovým vzduchem odtahové síly. Předmětem pneumatické charakteristiky jsou hlavní vkládací trysky. Jejich efektivní činnost spočívá v provedeném tvaru trysek a druhu trysek: konvergentní nebo divergentní a optimalizace hodnoty vzduchového tlaku a jeho regulace při chodu a při prohozu.

V poslední době se snahy vědců soustředí na získaní různých informací o tryskách, které jsou nezbytné k realizaci značné energetické úspory a pracovat při vysokych rychlostech a pro větší škálu materiálu útkových nití od hedvábí až po těžké bavlněné útky.

Liberec 16. 1. 95

Seznam použité literatury

[2] Prof. NOSEK STANISLAV ... Teorie tkacího procesu I, III díl, ČS VTS 1988

[3] Ing. PETR ŠKOP Csc. ... Metody měření rychlosti útkové nitě

[1] NGUYEN KIMQUY ... Dynamický prohoz útku na pneumatickém stavu K.D.P, VŠST Liberec 1993

[4] NATARAJAN ... Pneumatický prohoz a přírazní mechanismus K.D.P, VŠST Liberec 1989

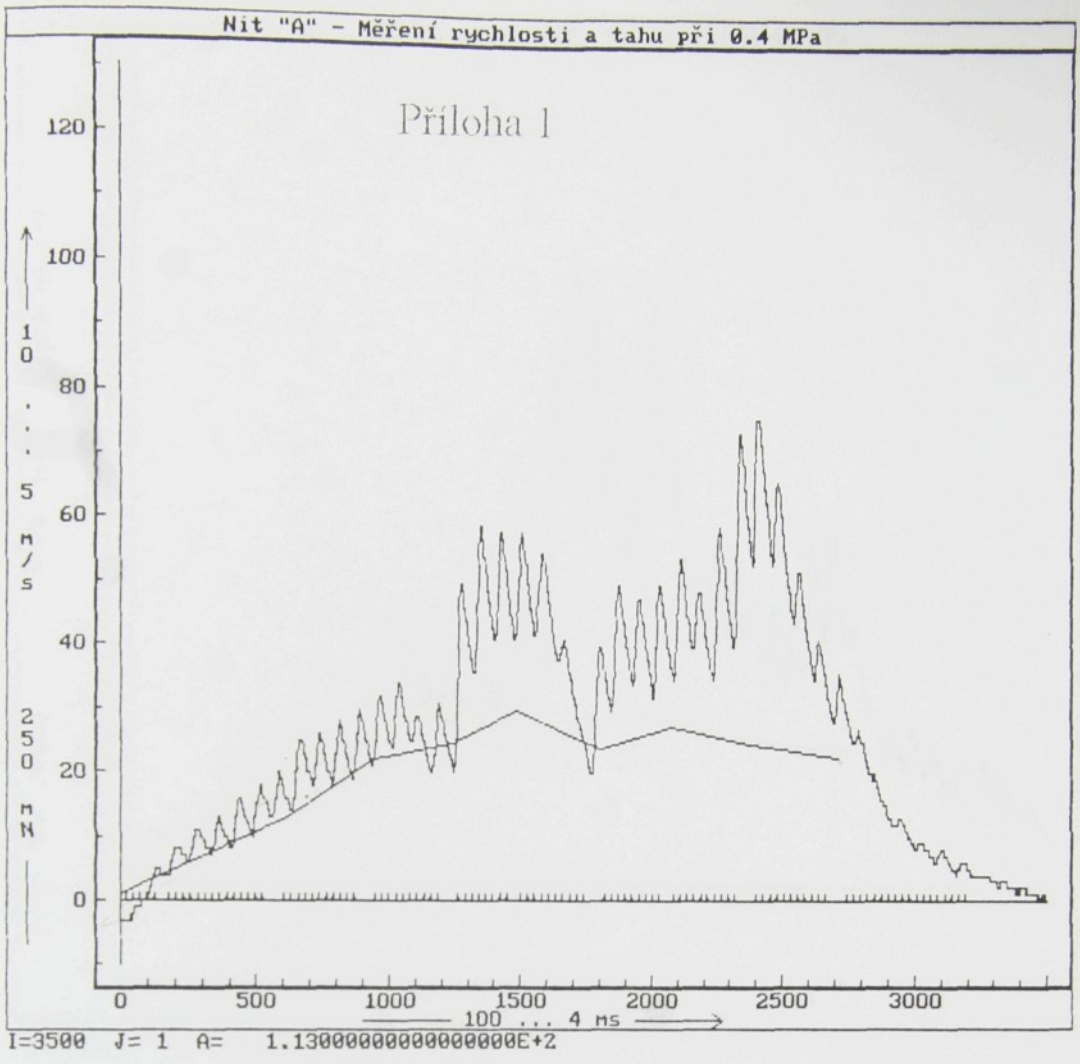
[5] DO DAN HIEV ... Studia prohozu útku na pneumatických stavech K.D.P, VŠST Liberec 1989

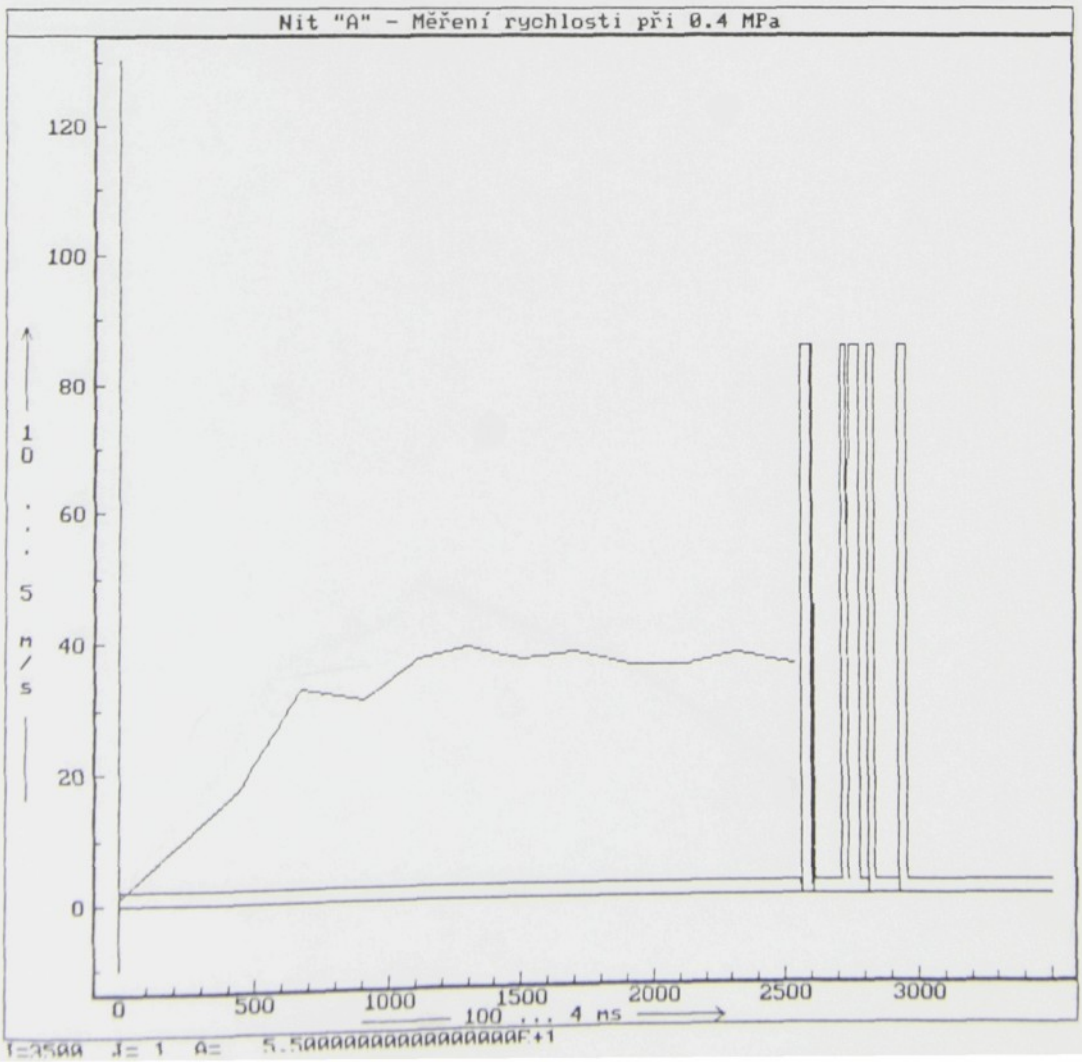
[6] Kolektiv autorů ... Skripta Textilní a oděvní stroje I, II VŠST Liberec

[7] MINORU ISHIDA, OKAJIMA ... Textile reseach journal February 1994 ... Air - jet Loom, Present and Future

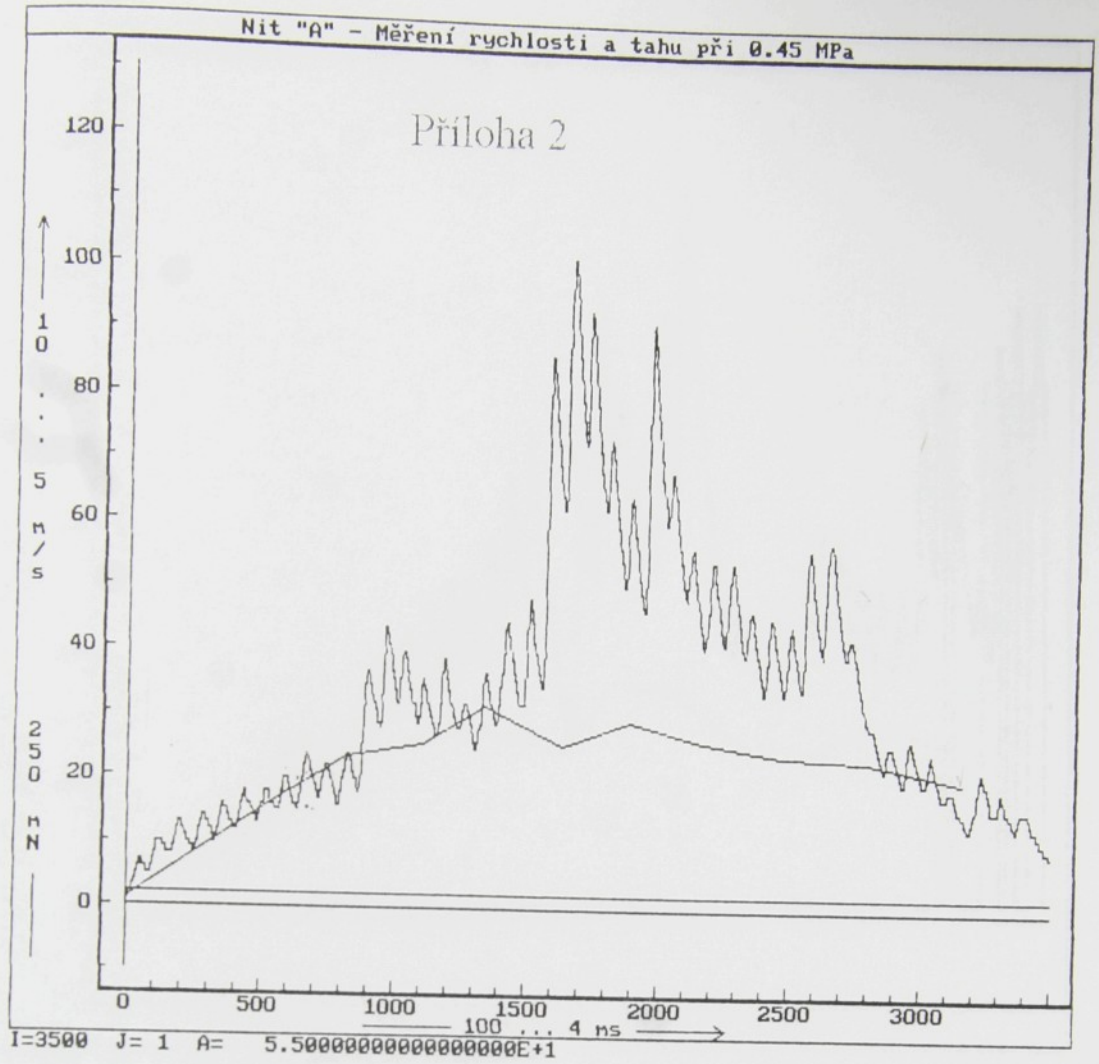
[8] TRAM MINH NAM ... Studie procesu prohozu útku na pneumatických tkacích stavech K.D.P, VŠST Liberec 1984

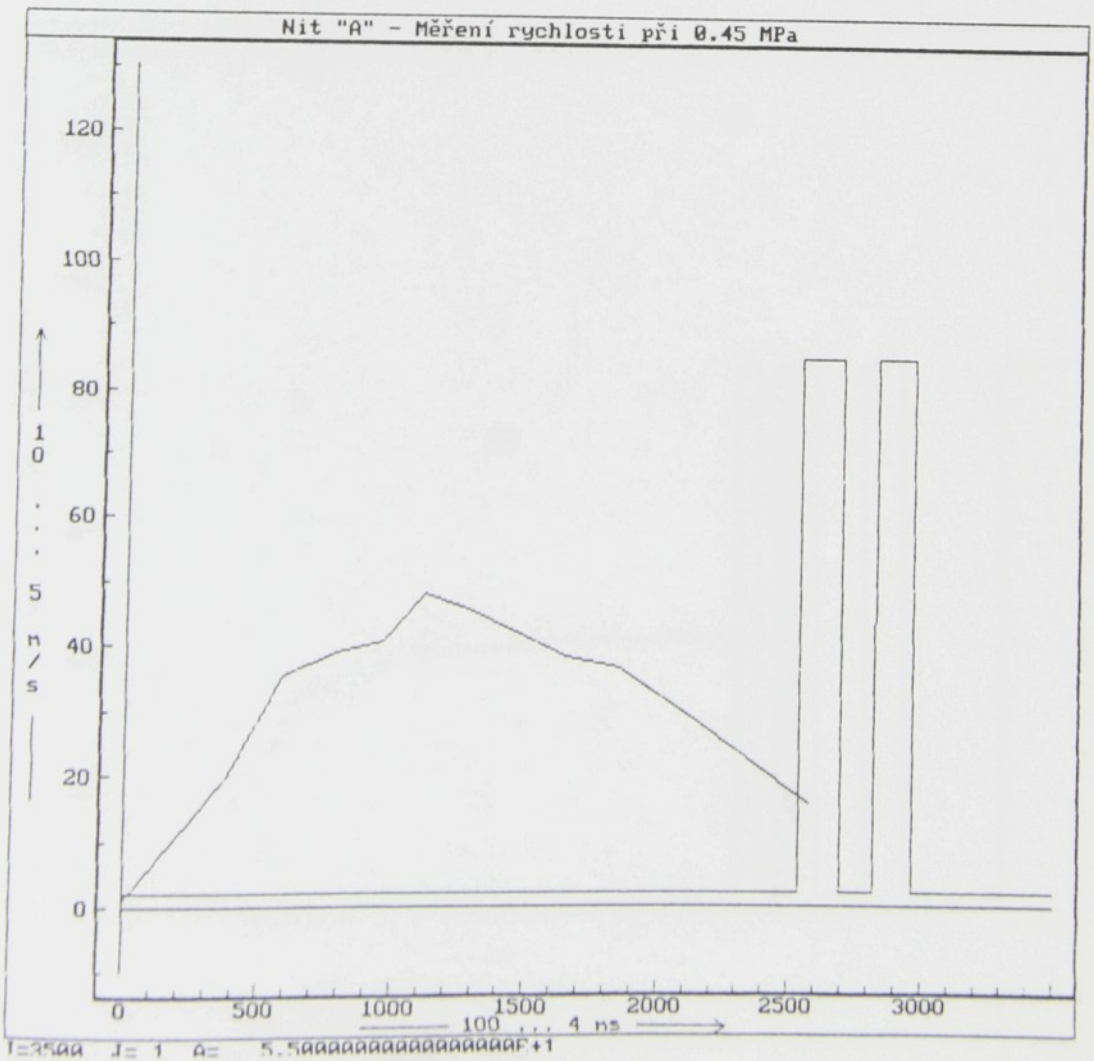
[9] FRANK BAMELIS ... Economic aspects of airjet weaving Odborný prospekt firmy PICANOL NV


Nit "A" - Měření rychlosti a tahu při 0.4 MPa
Příloha 1
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
250 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms
I=3500 J= 1 A= 1.13000000000000000E+2

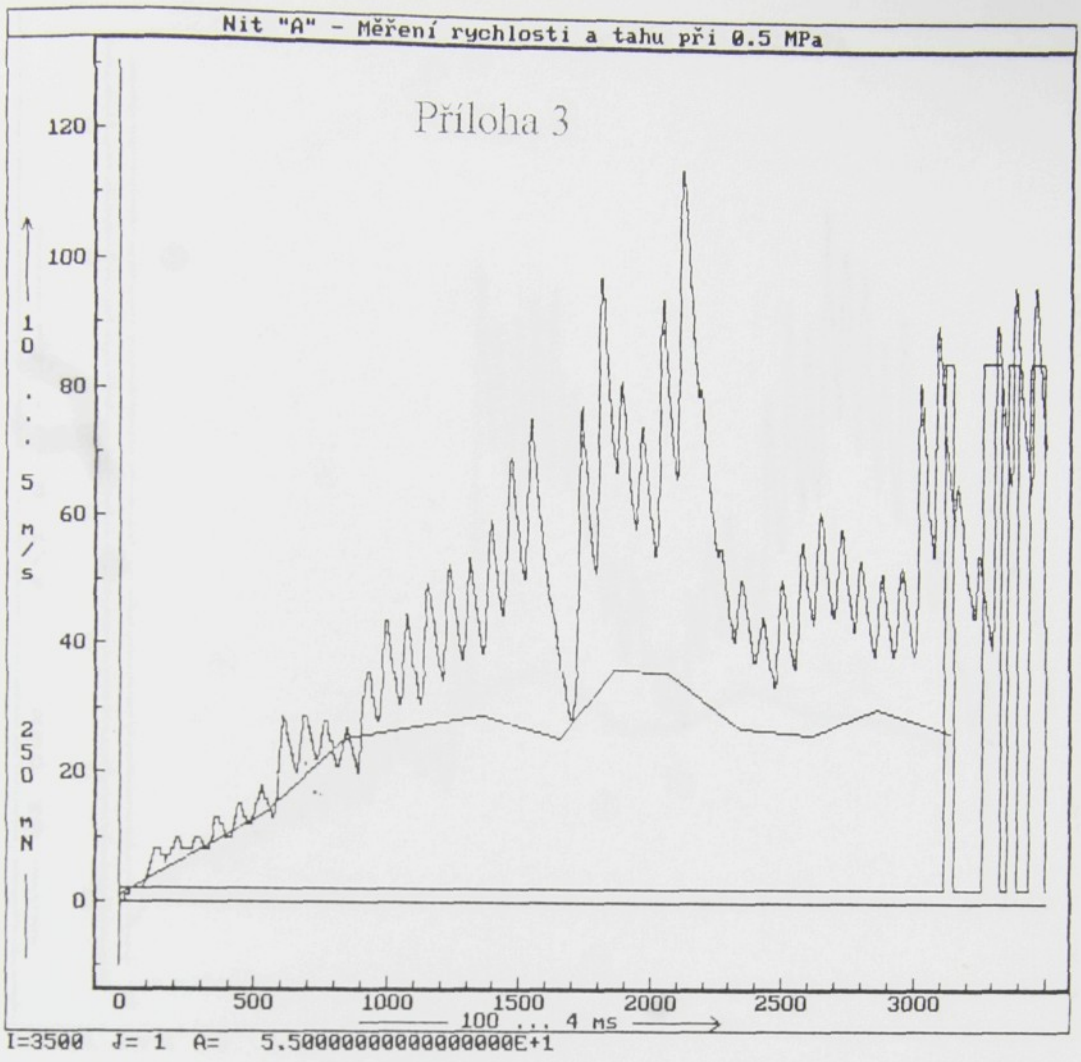

Nit "A" - Měření rychlosti při 0.4 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms

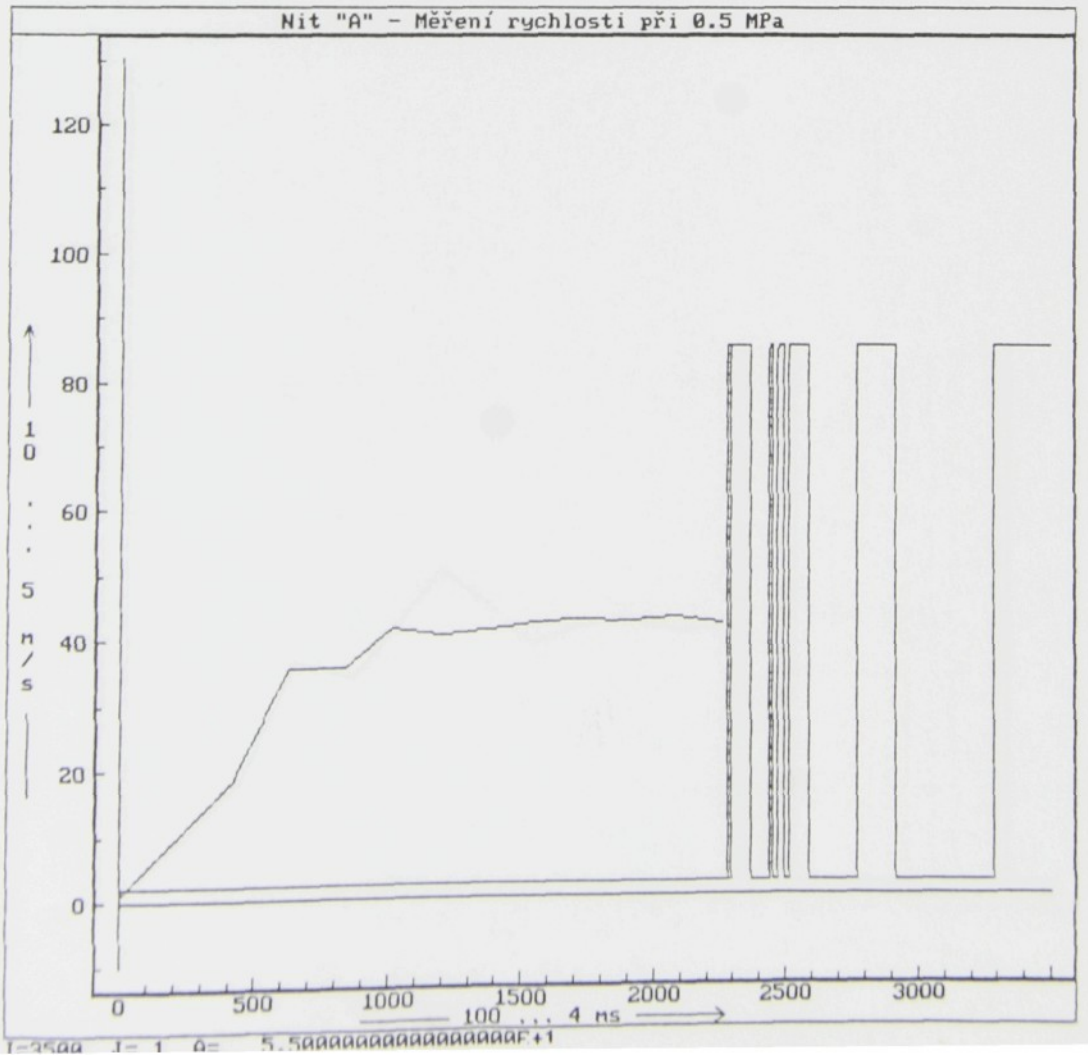
Příloha 2


Nit "A" - Měření rychlosti a tahu při 0.45 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
250 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms
I=3500 J= 1 A= 5.500000000000000000E+1

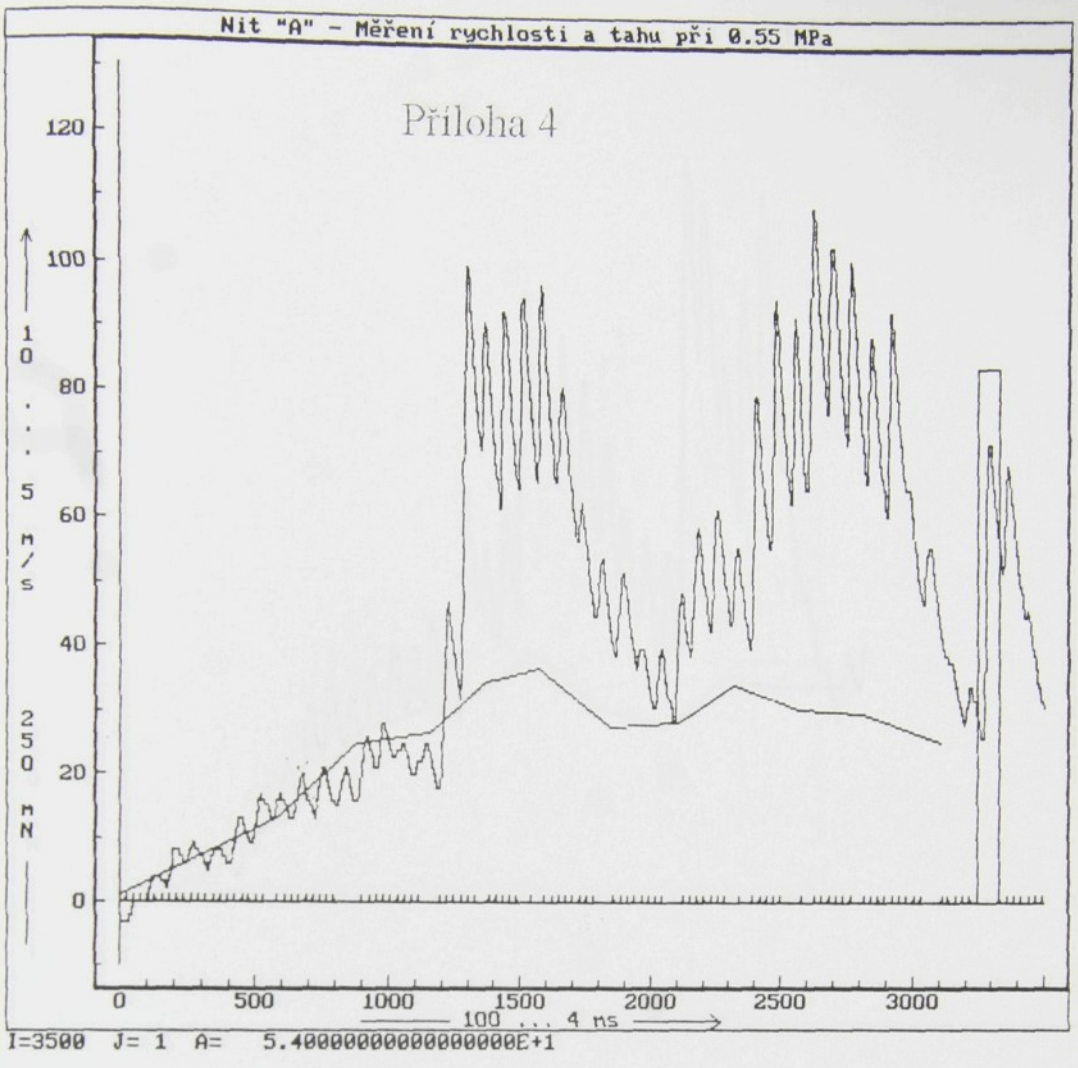

Nit "A" - Měření rychlosti při 0.45 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms

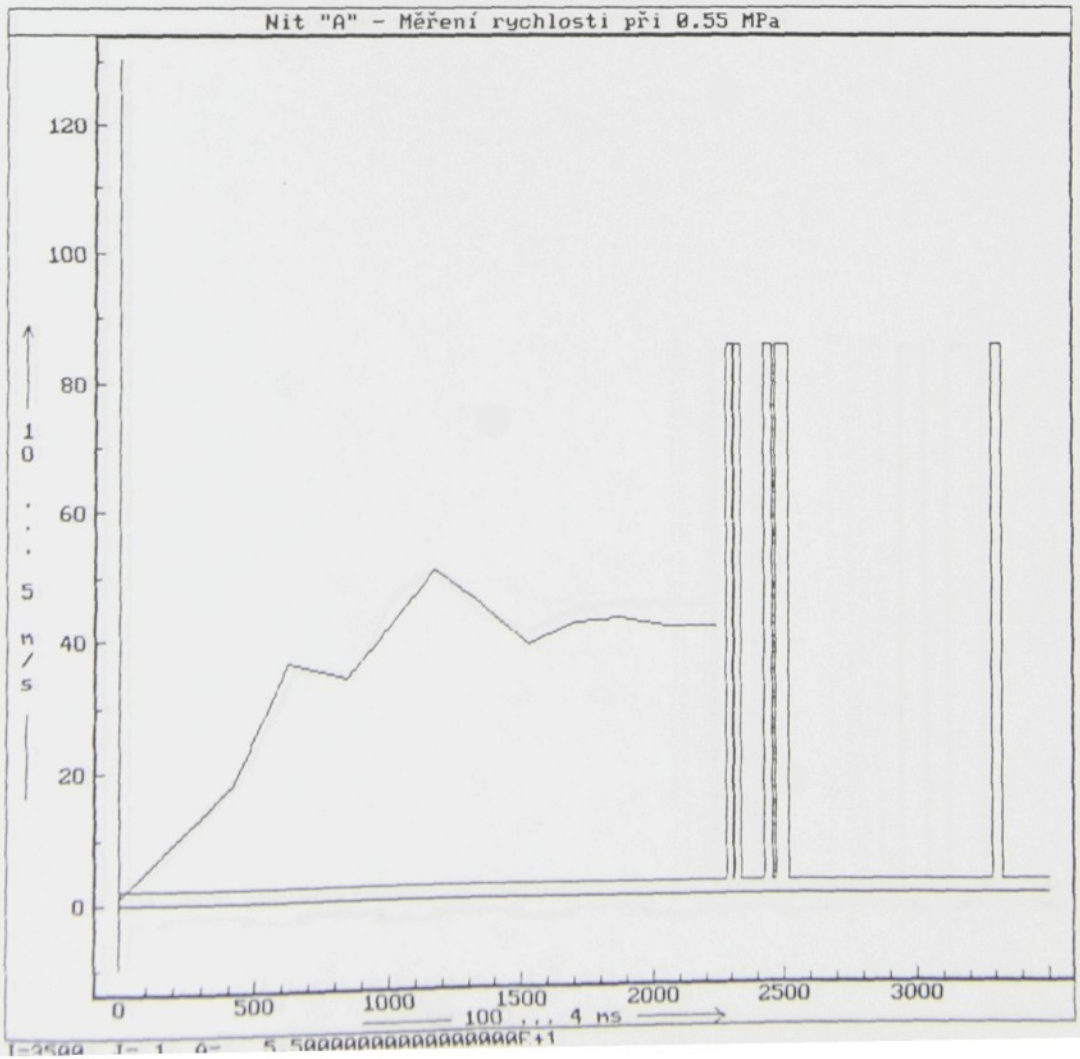
Příloha 3


Nit "A" - Měření rychlosti a tahu při 0.5 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
250 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms
I=3500 J= 1 A= 5.5000000000000000E+1

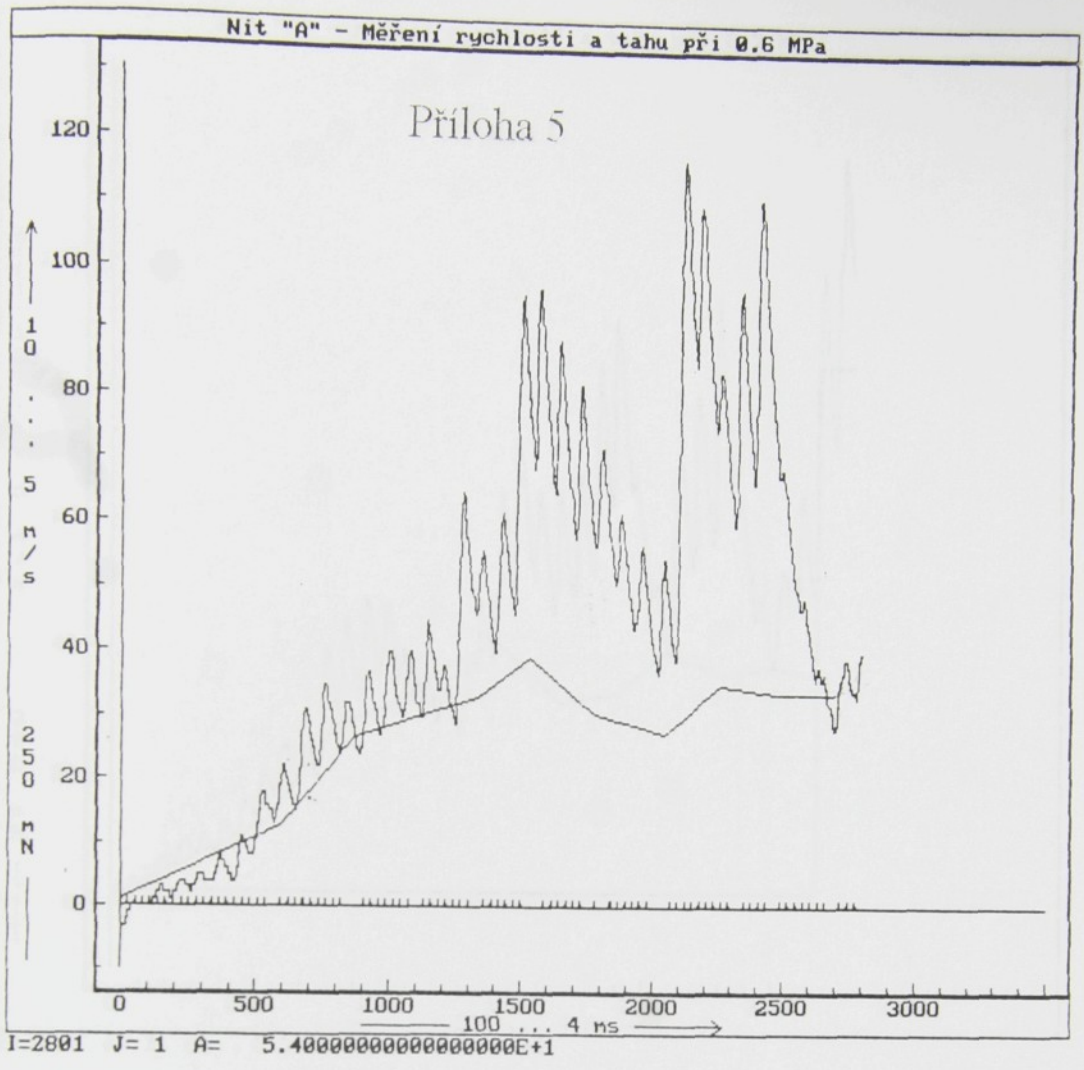

Nit "A" - Měření rychlosti při 0.5 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms

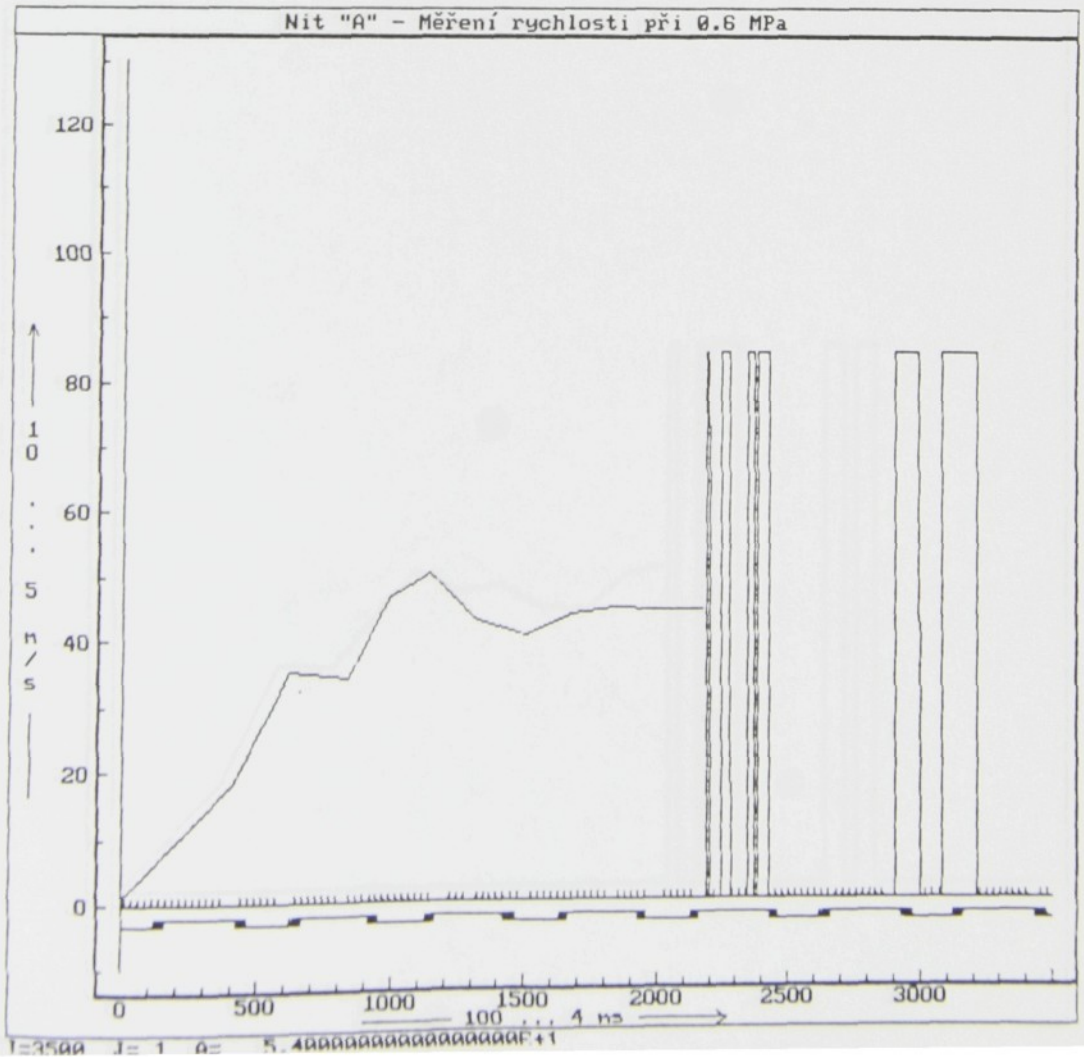
Příloha 4


Nit "A" - Měření rychlosti a tahu při 0.55 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
250 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms
I=3500 J= 1 A= 5.4000000000000000E+1

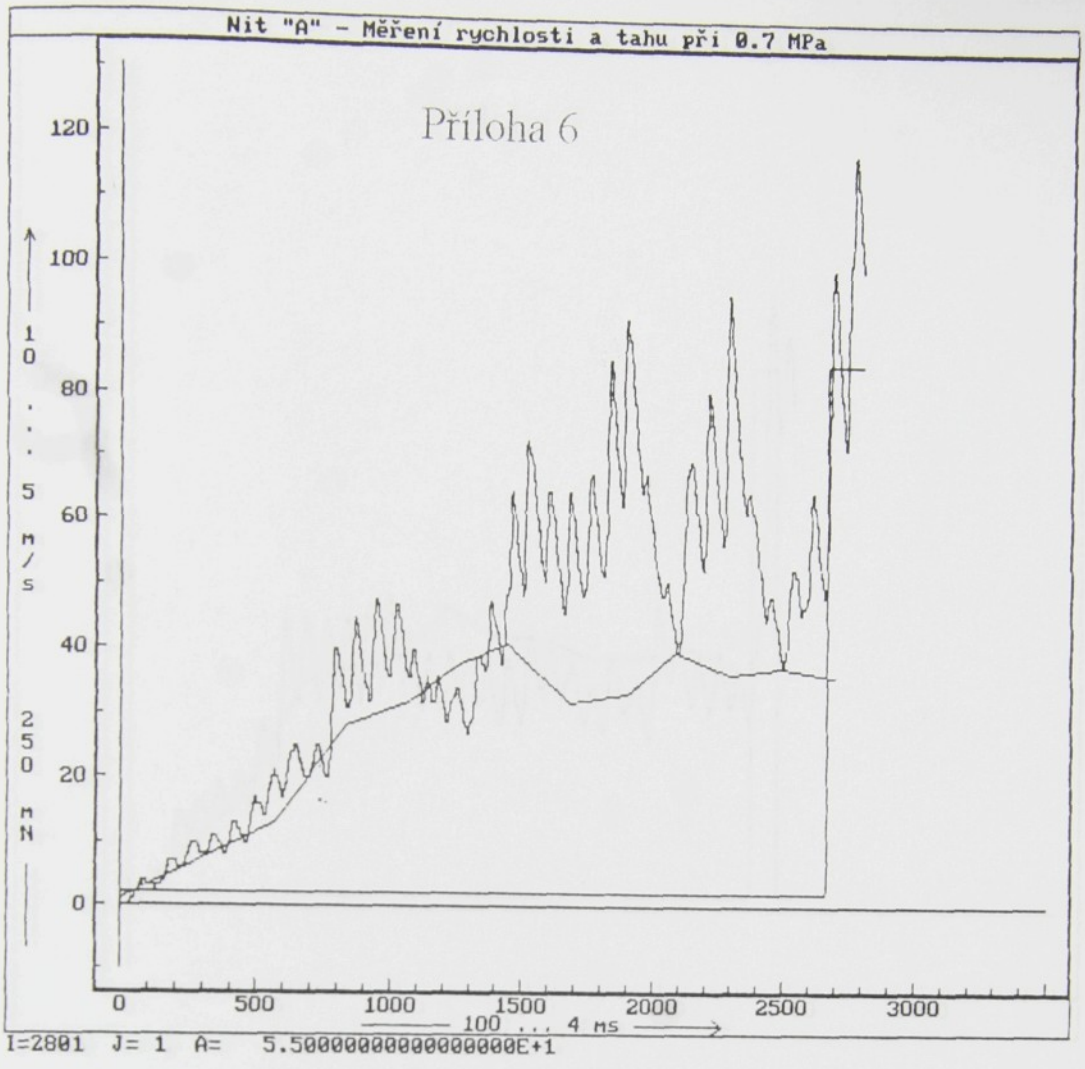

Nit "A" - Měření rychlosti při 0.55 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms

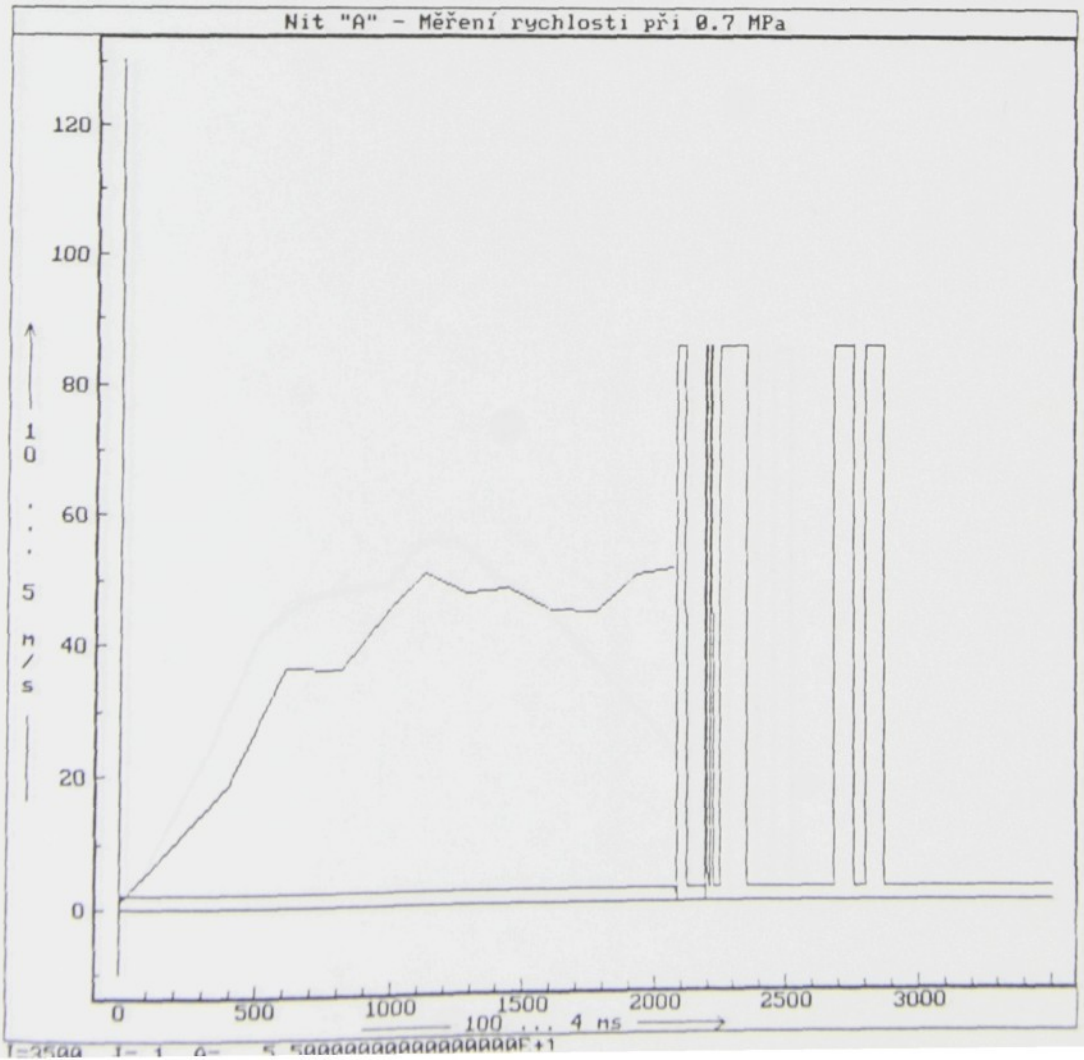
Příloha 5


Nit "A" - Měření rychlosti a tahu při 0.6 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
250 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms
I=2801 J= 1 A= 5.400000000000000000E+1

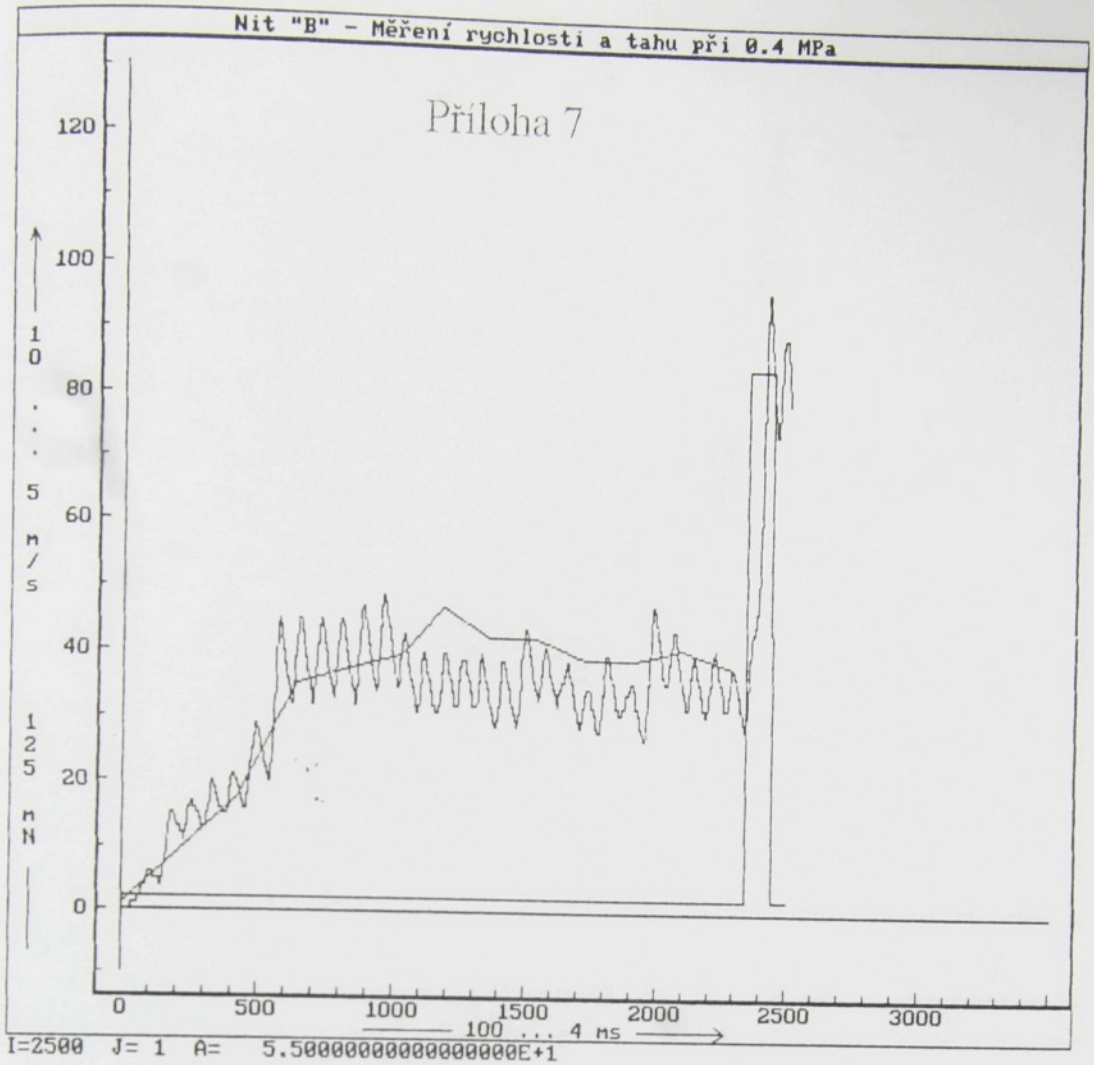

Nit "A" - Měření rychlosti při 0.6 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms

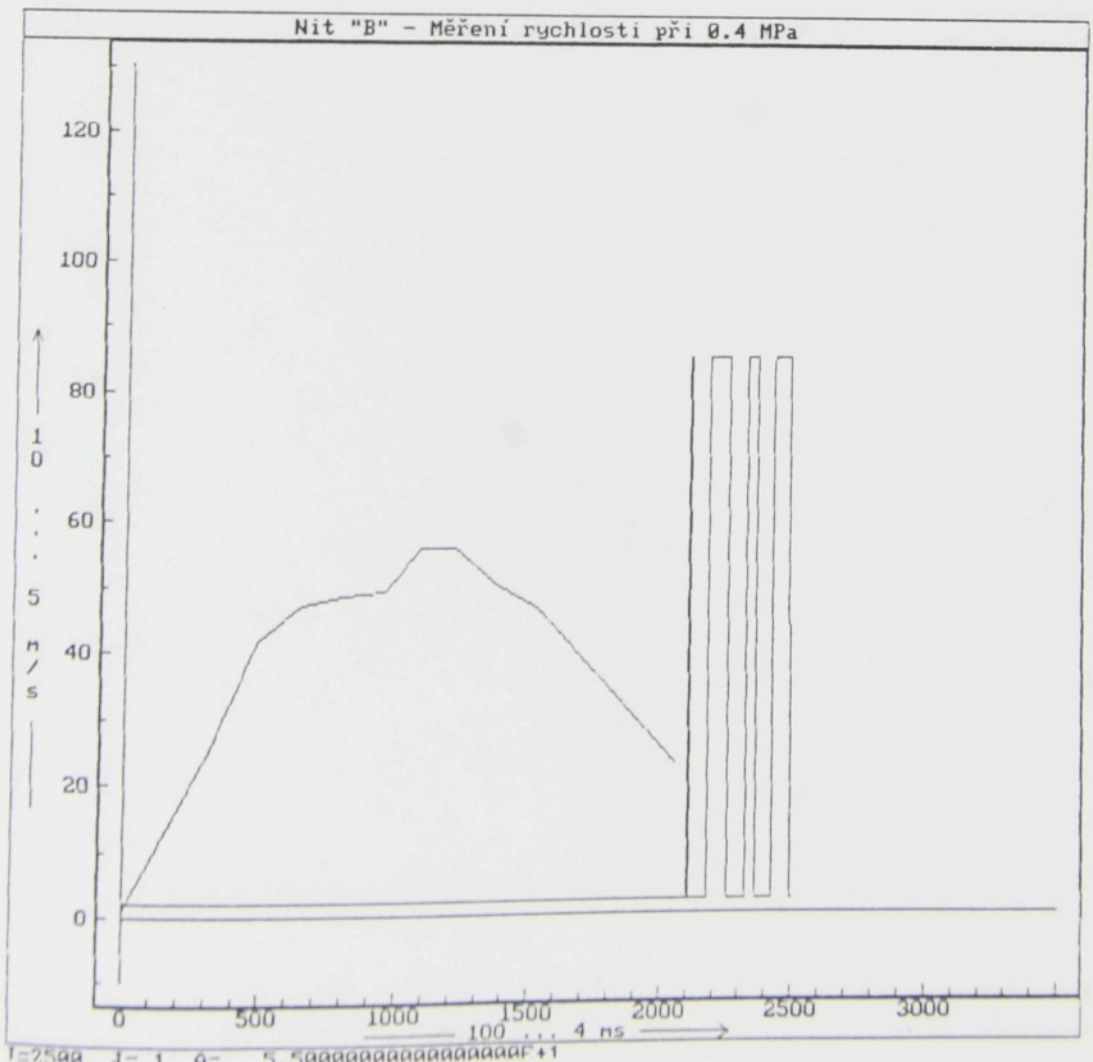
Příloha 6

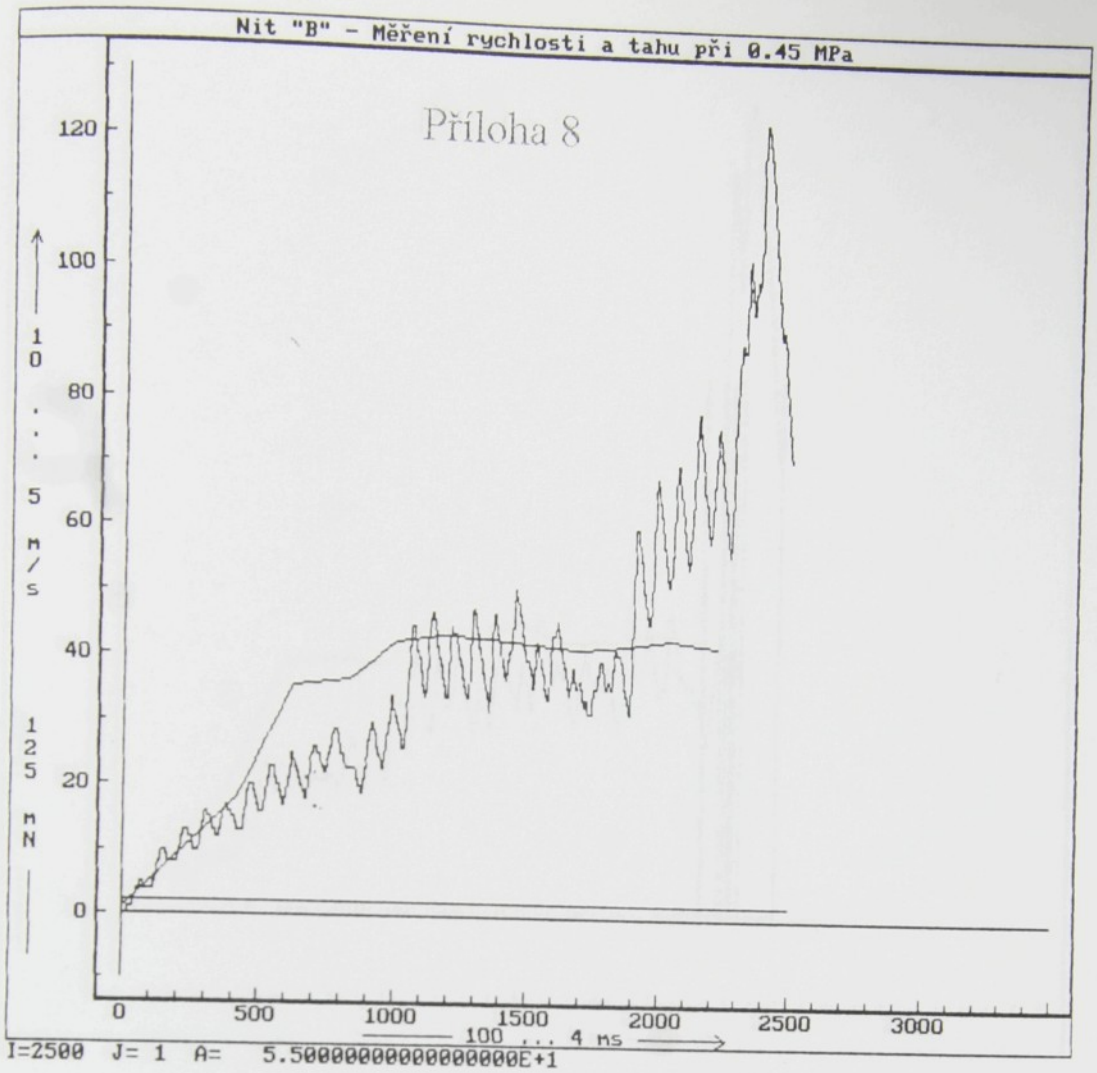

Nit "A" - Měření rychlosti a tahu při 0.7 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
250 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms
I=2801 J= 1 A= 5.5000000000000000E+1

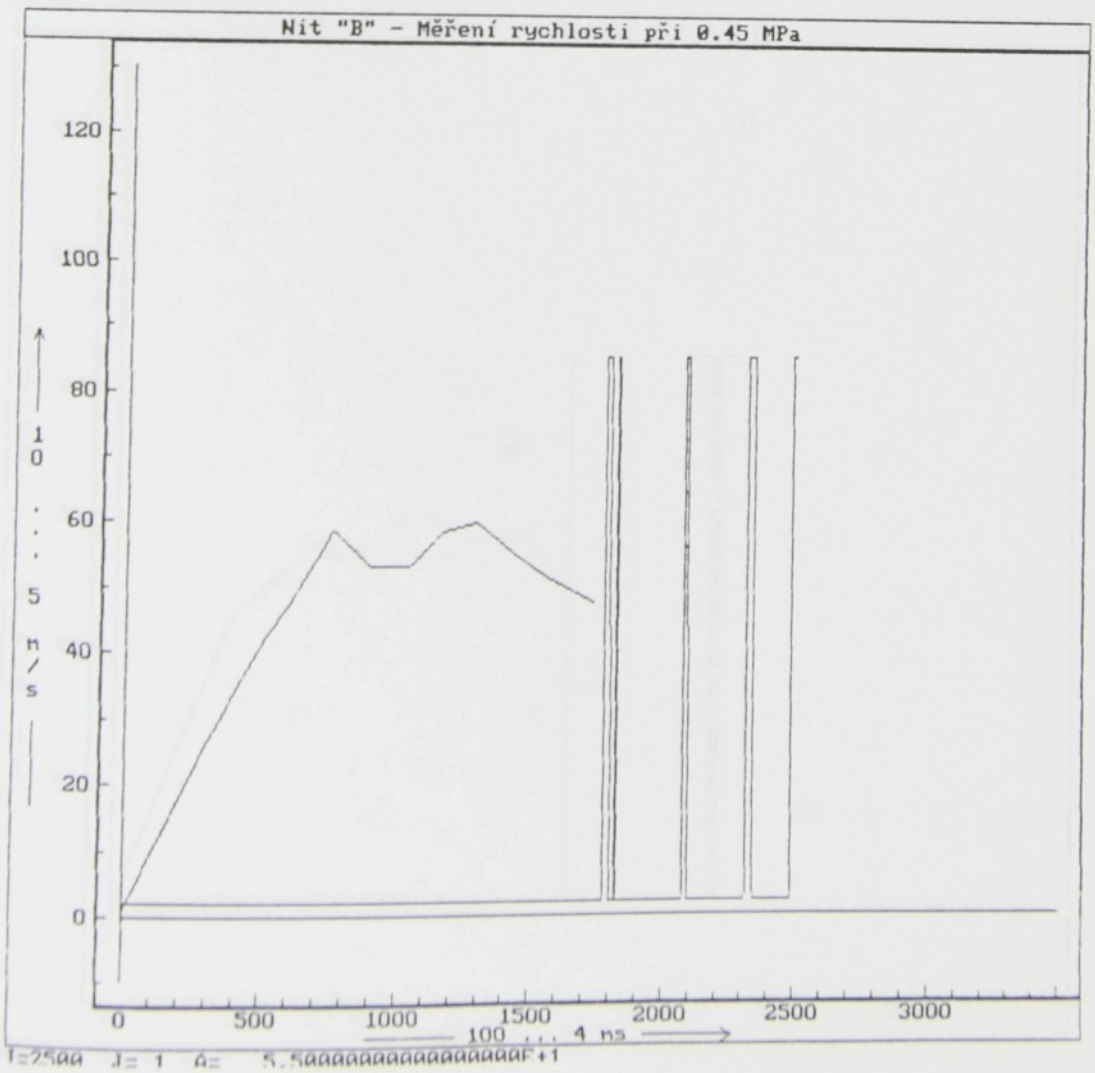

Nit "A" - Měření rychlosti při 0.7 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms

Příloha 7

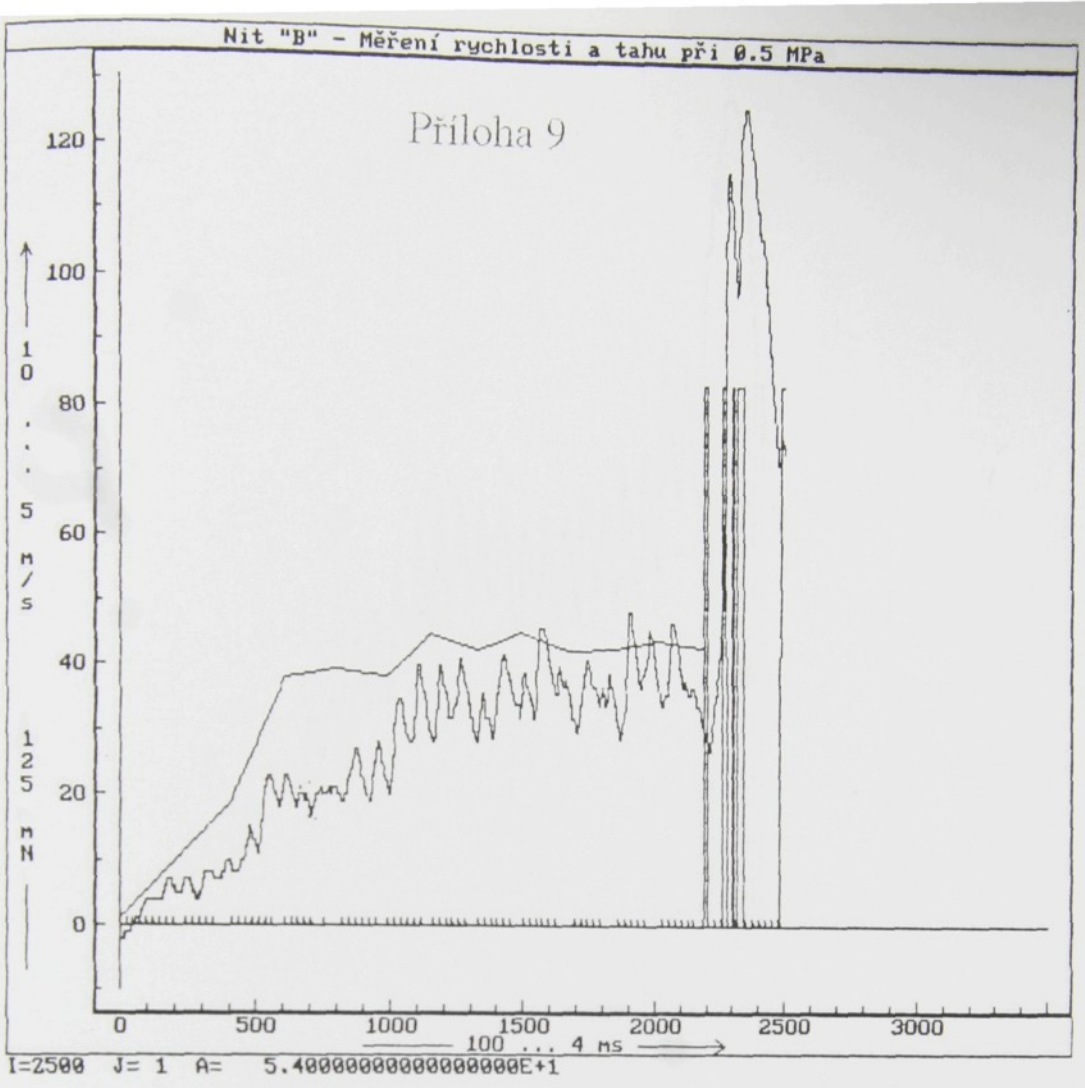

Nit "B" - Měření rychlosti a tahu při 0.4 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
125 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms
I=2500 J= 1 A= 5.500000000000000000E+1

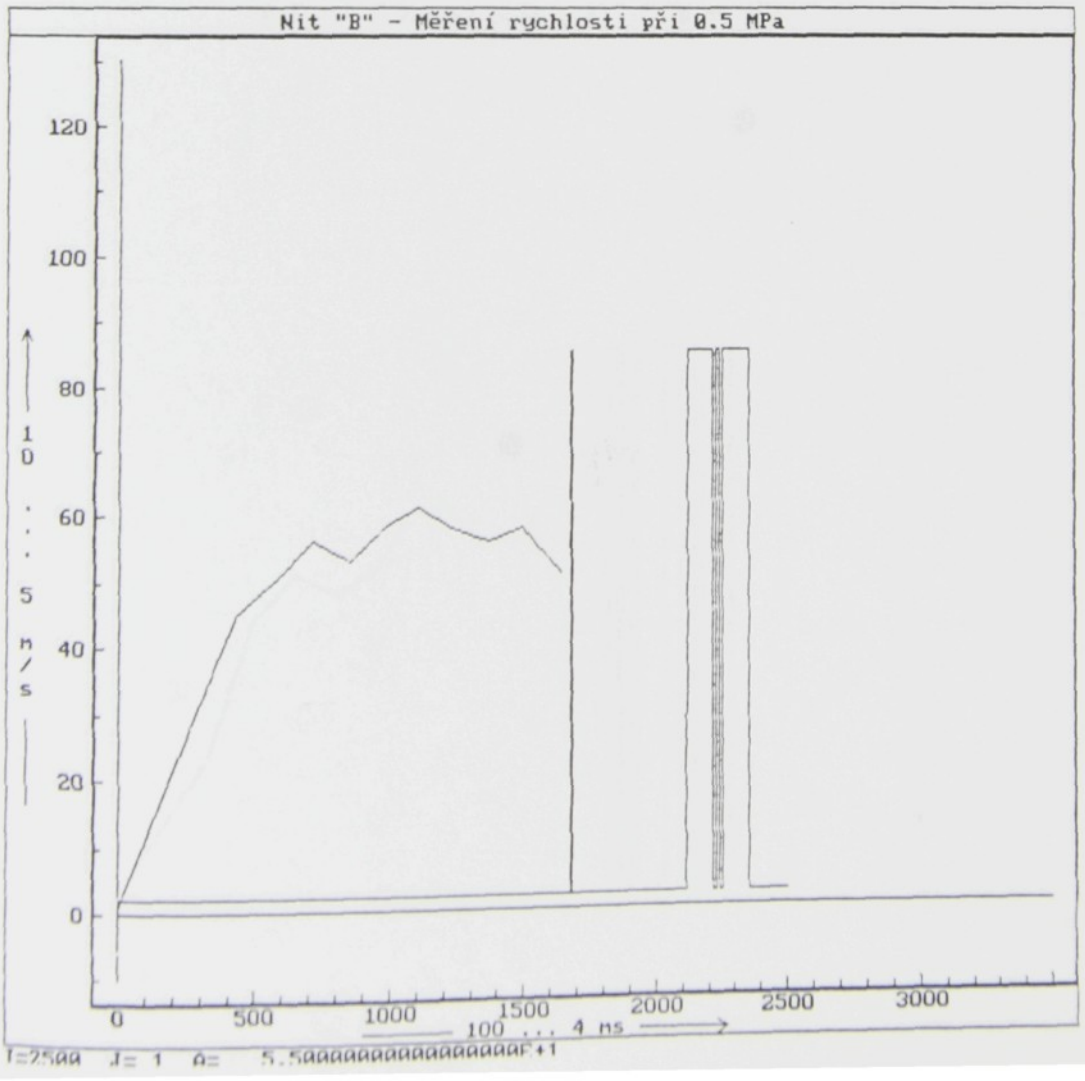

Nit "B" - Měření rychlosti při 0.4 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms

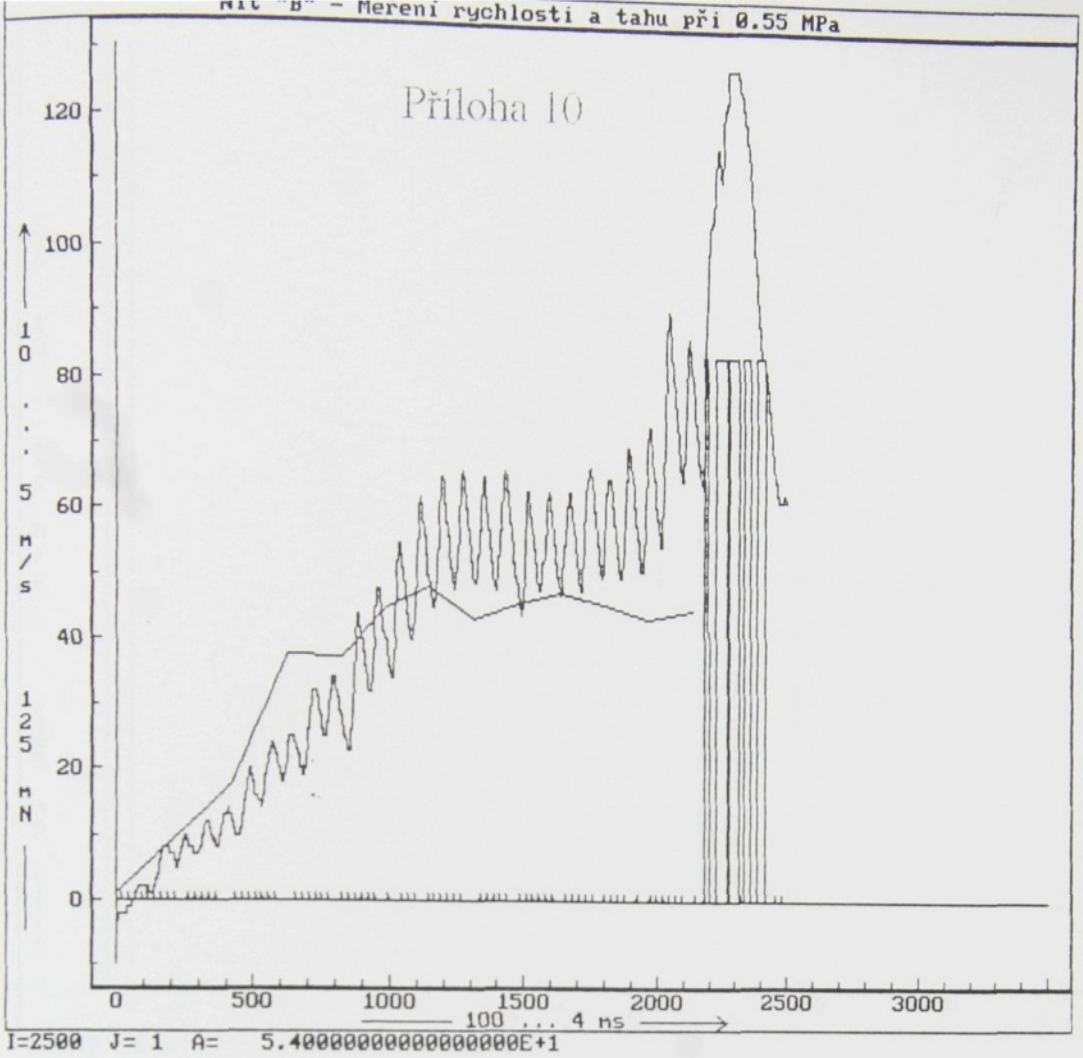

Nit "B" - Měření rychlosti a tahu při 0.45 MPa
Příloha 8
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
125 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms
I=2500 J= 1 A= 5.5000000000000000E+1

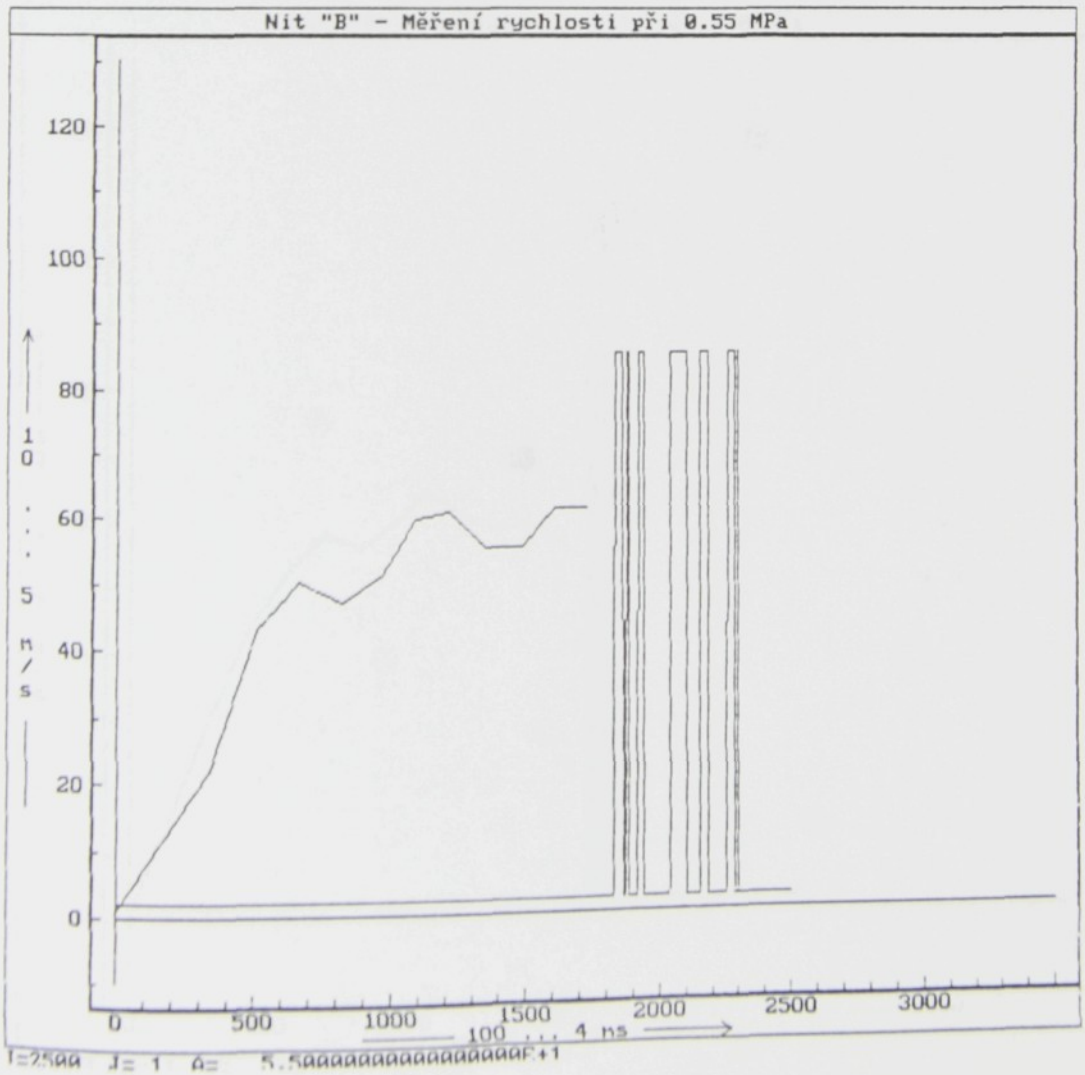

Nit "B" - Měření rychlosti při 0.45 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms

Příloha 9

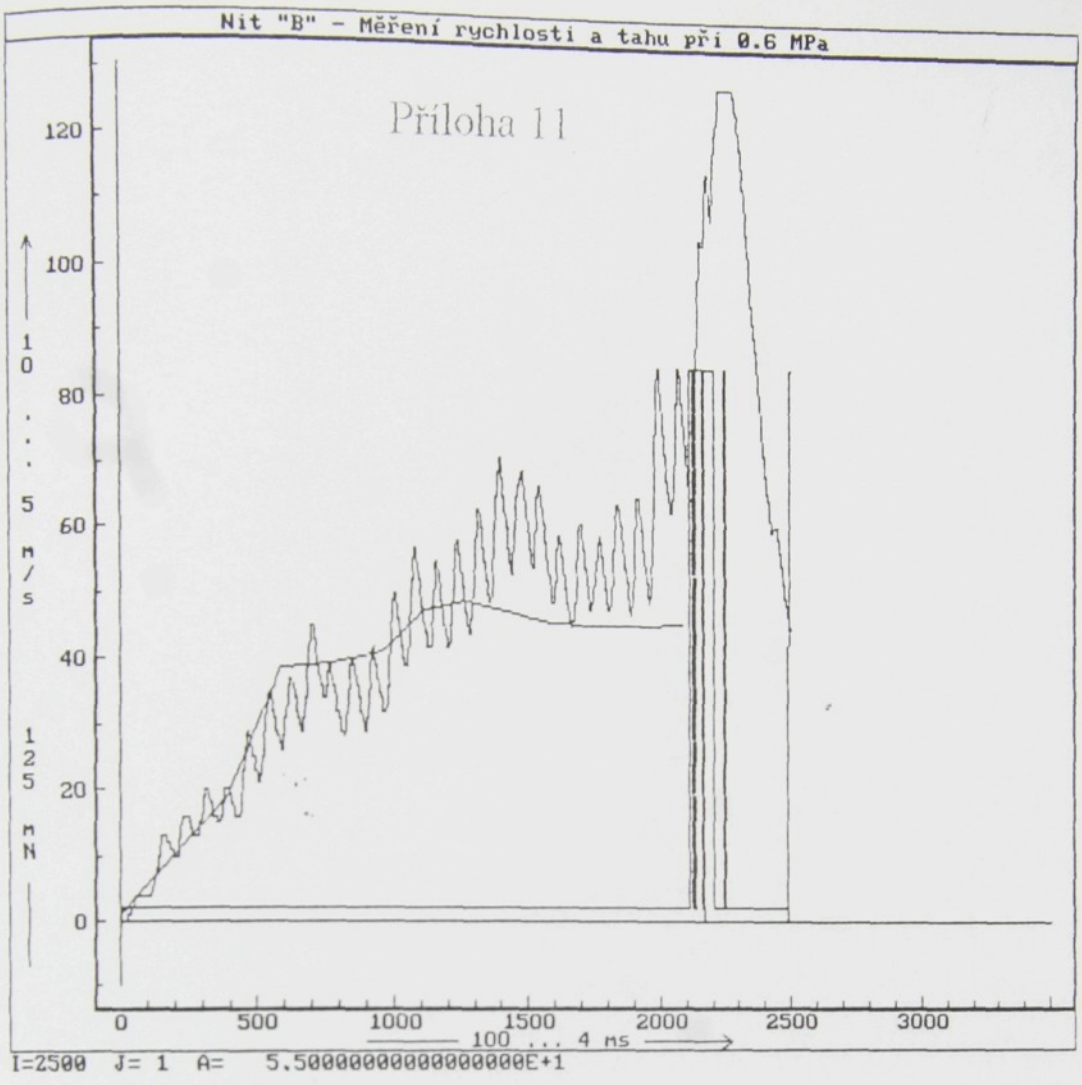

Nit "B" - Měření rychlosti a tahu při 0.5 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
125 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms
I=2500 J= 1 A= 5.400000000000000000E+1

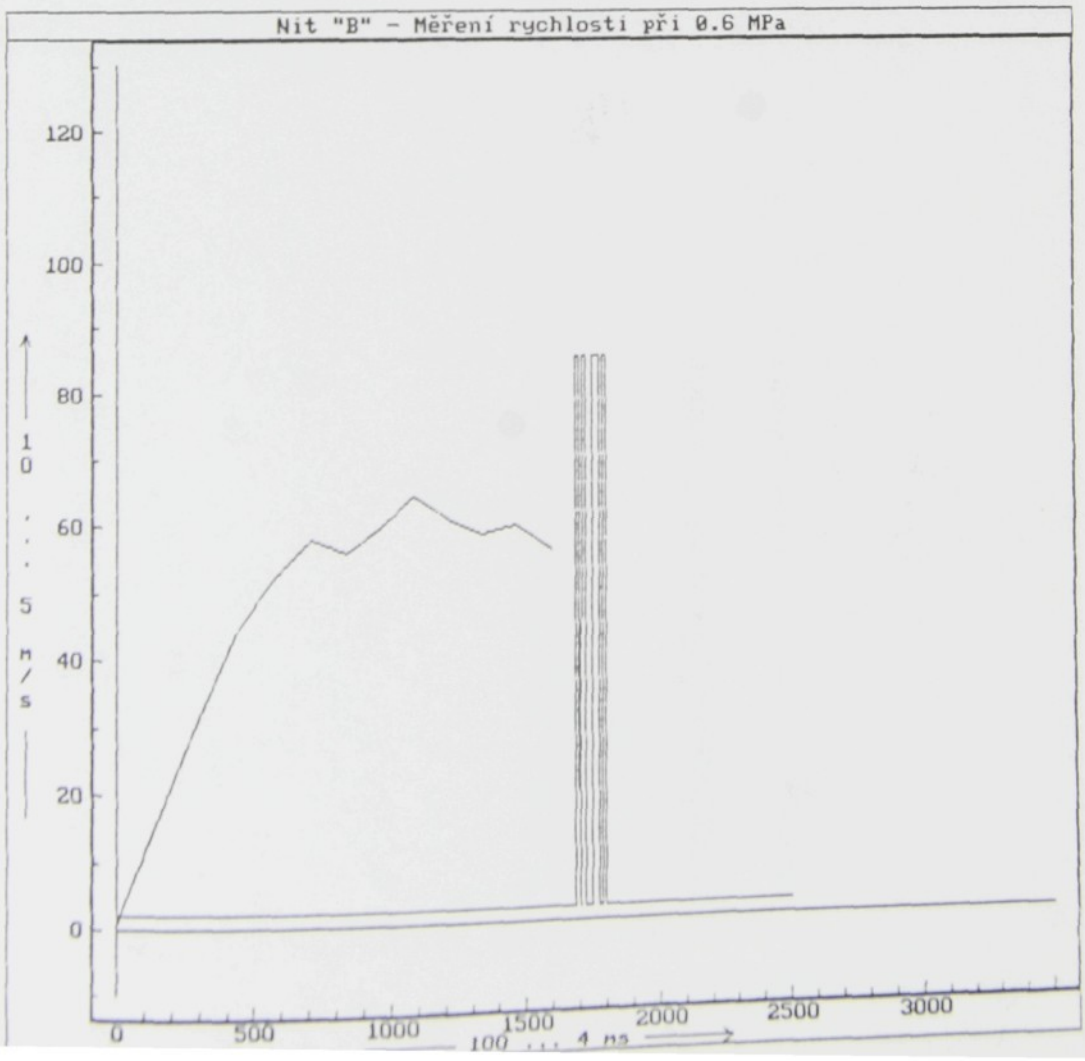

Nit "B" - Měření rychlosti při 0.5 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms
I=2500 J= 1 A= 5.5000000000000000000E+1


Nit "B" - Měření rychlosti a tahu při 0.55 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
125 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ns
I=2500 J= 1 A= 5.4000000000000000E+1

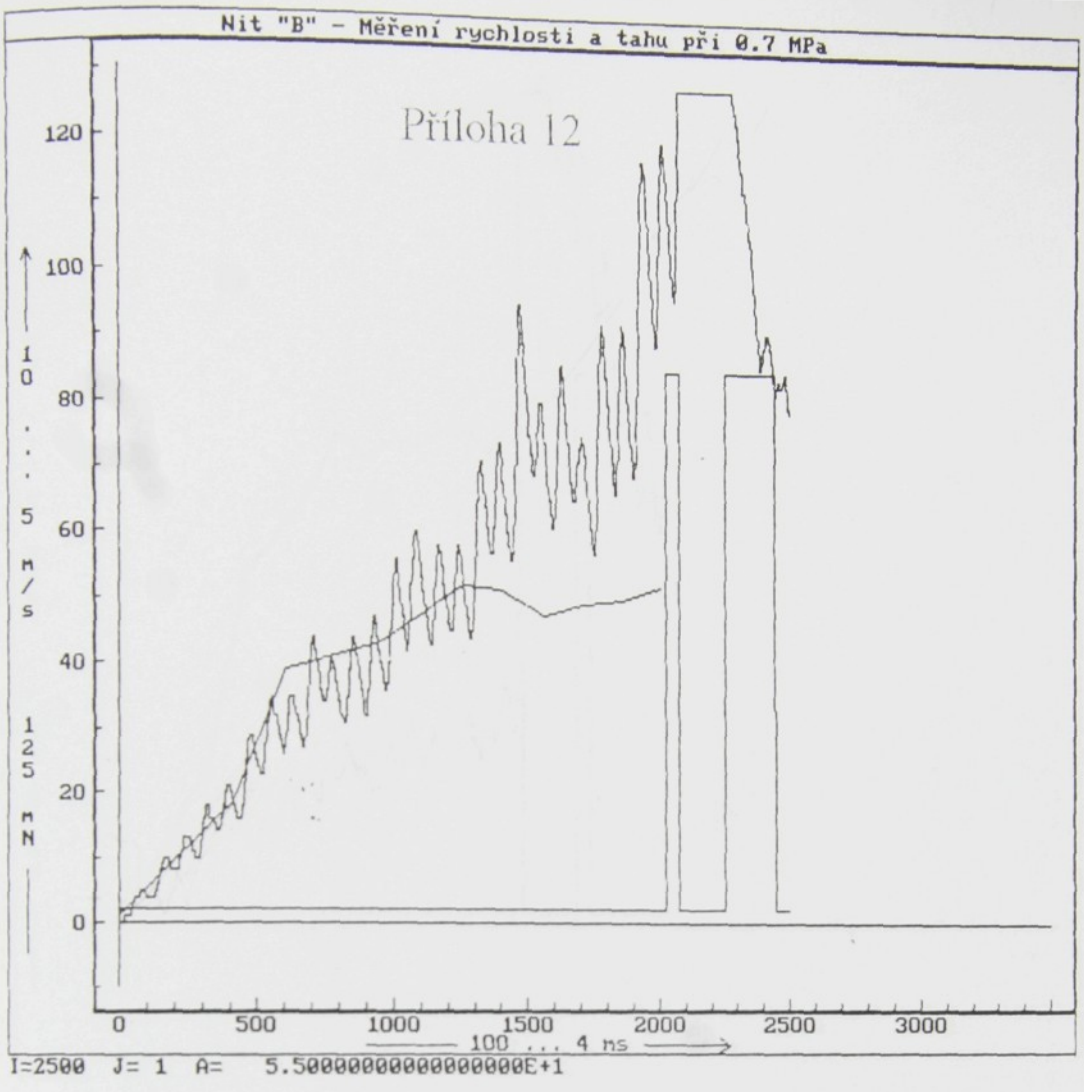

Nit "B" - Měření rychlosti při 0.55 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ns

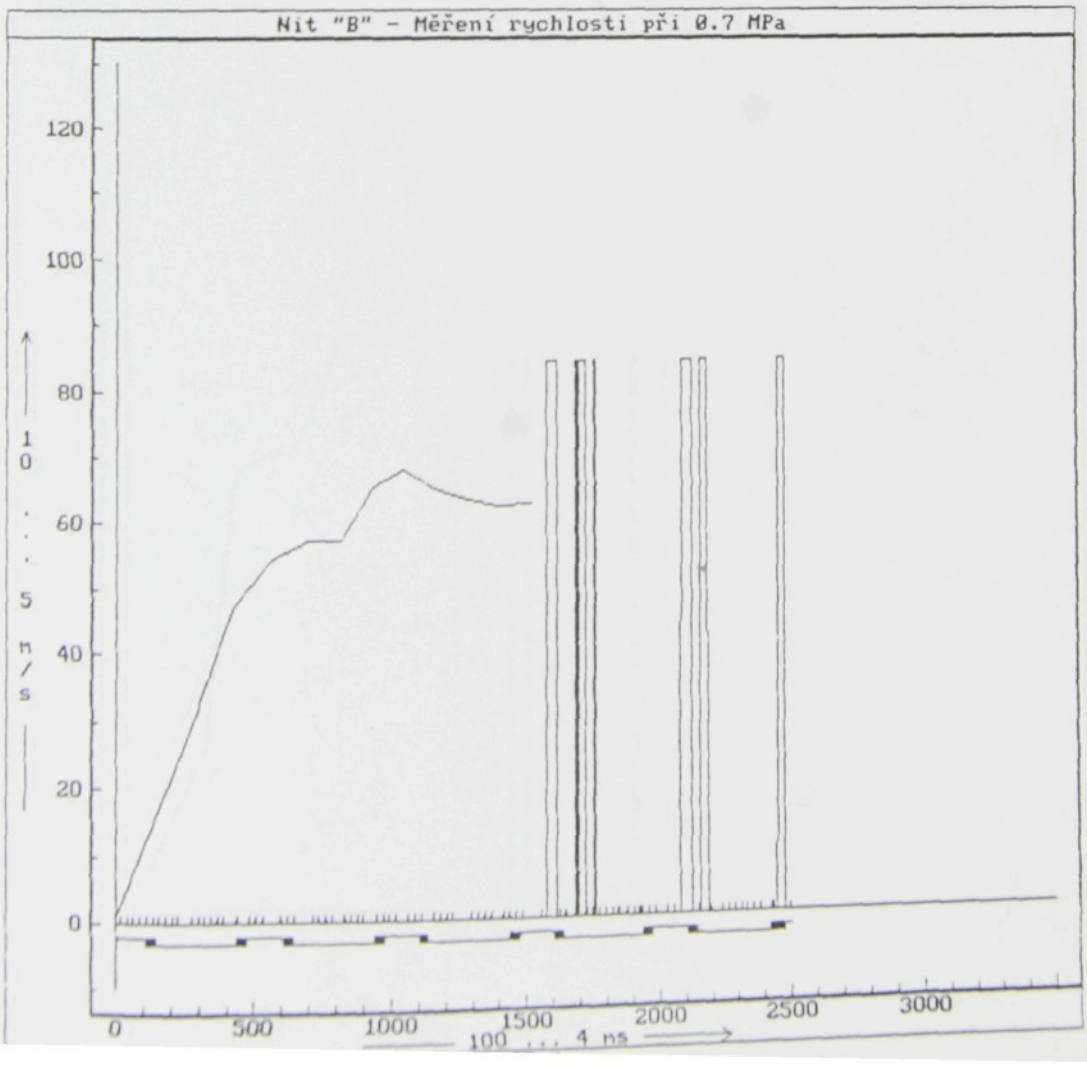
Příloha 11

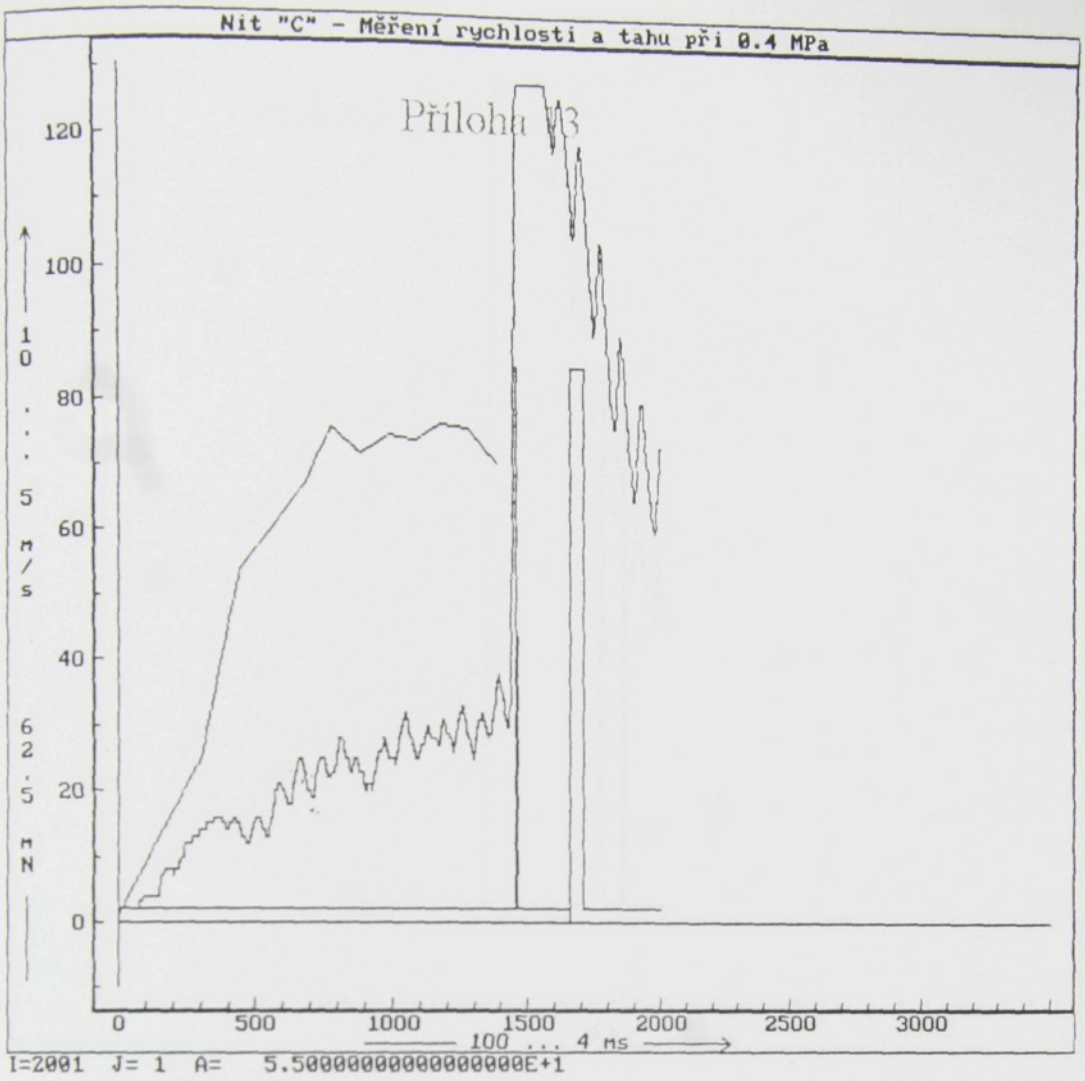

Nit "B" - Měření rychlosti a tahu při 0.6 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
125 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms
I=2500 J= 1 A= 5.5000000000000000E+1

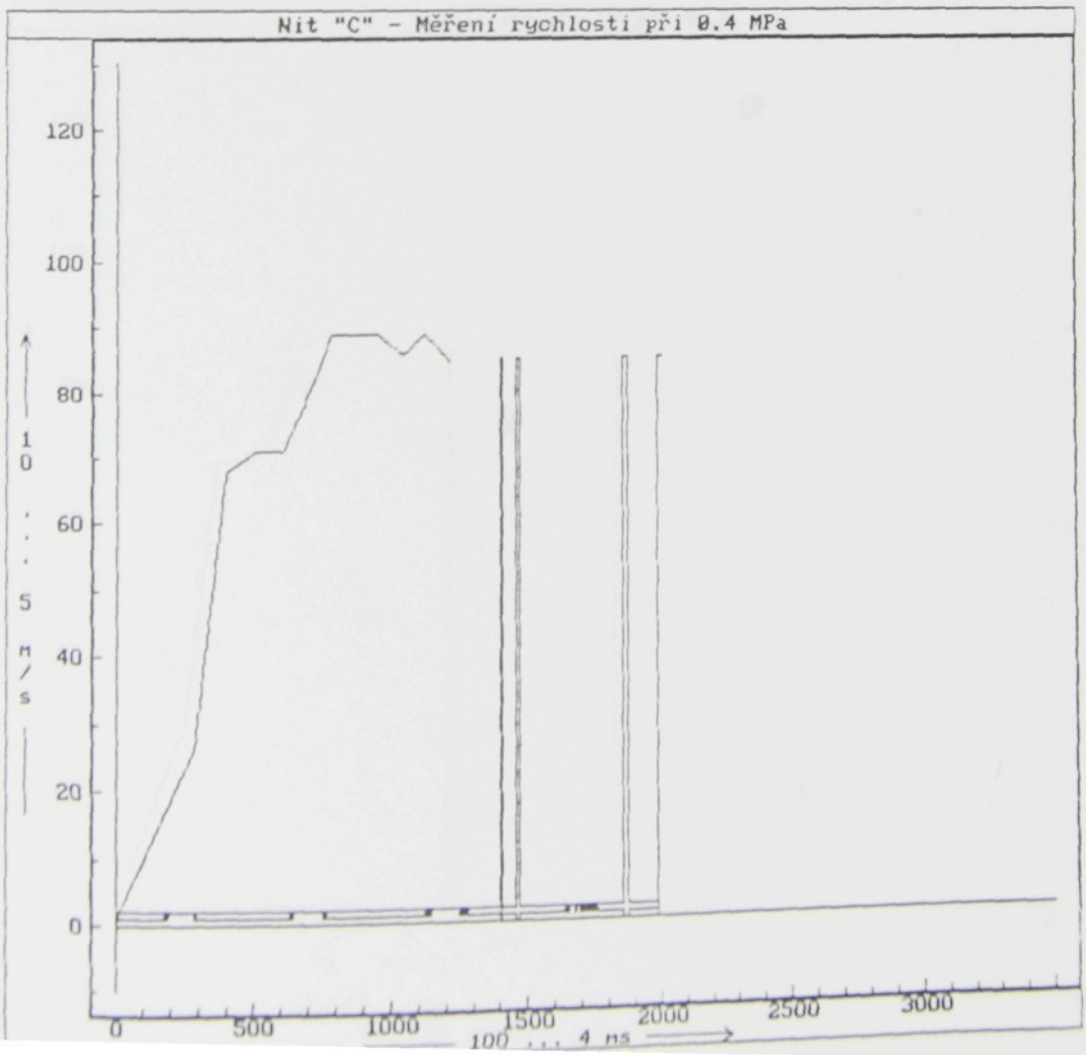

Nit "B" - Měření rychlosti při 0.6 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms

Příloha 12

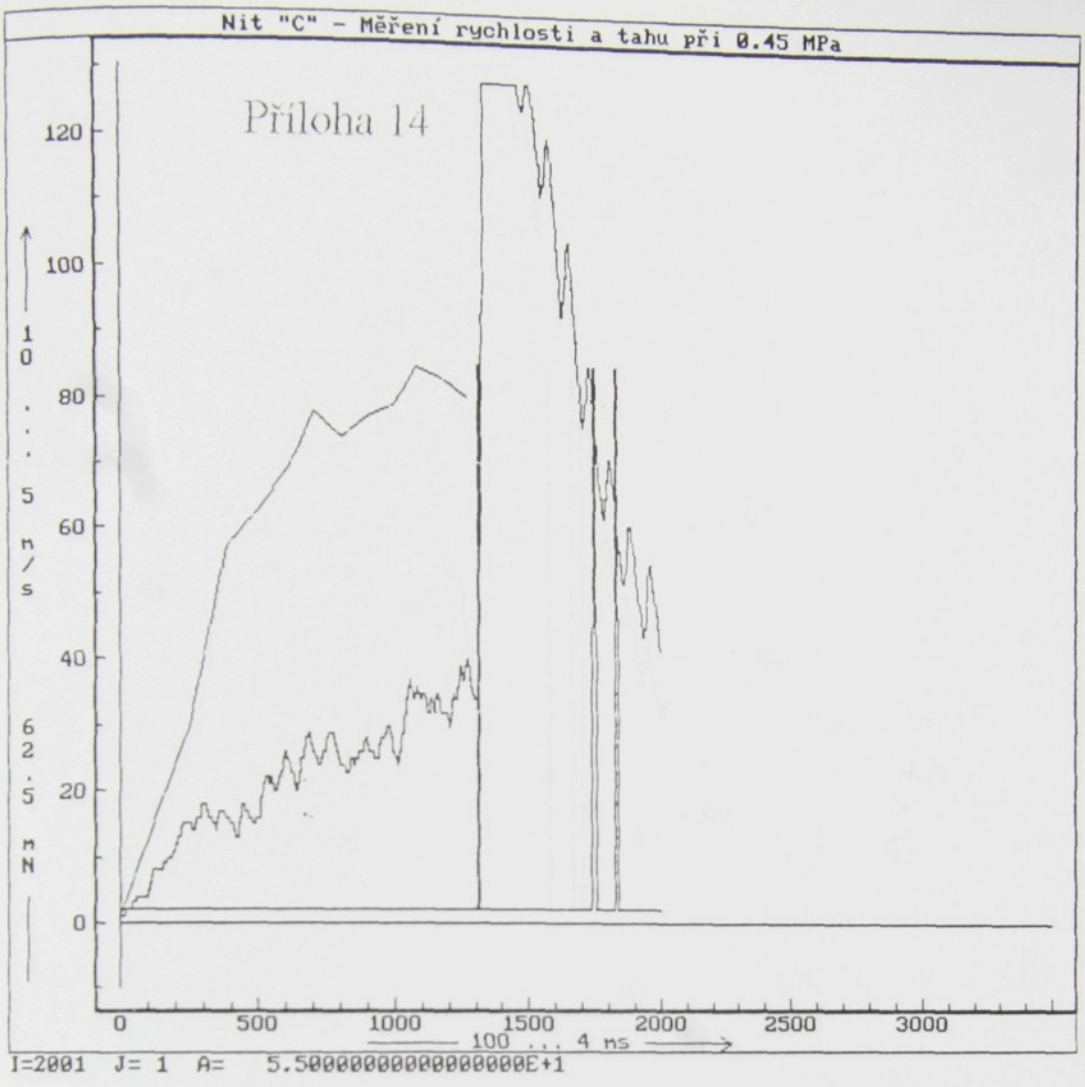

Nit "B" - Měření rychlosti a tahu při 0.7 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
125 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ns
I=2500 J= 1 A= 5.5000000000000000E+1


Nit "B" - Měření rychlosti při 0.7 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ns

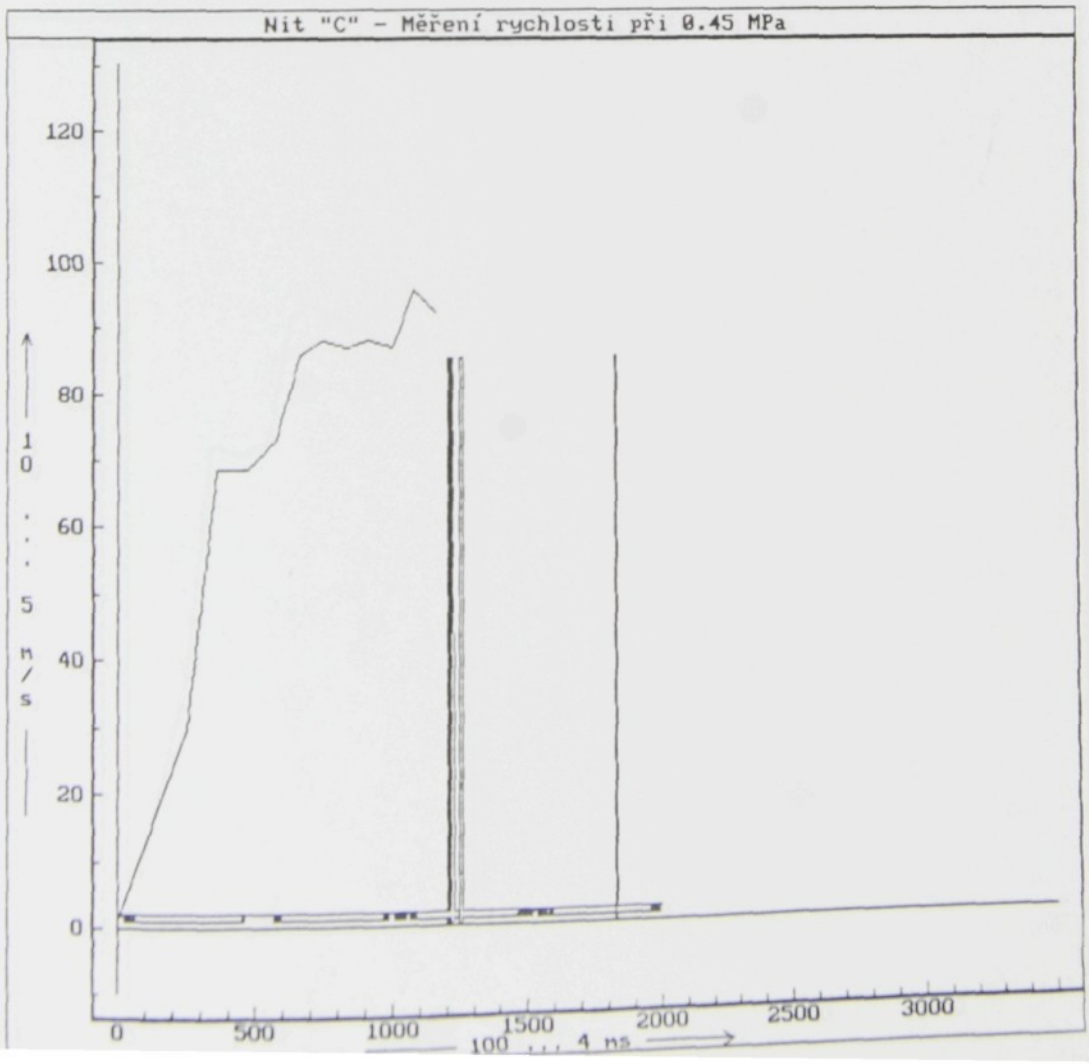

Nit "C" - Měření rychlosti a tahu při 0.4 MPa
Příloha P3
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
625 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms
I=2001 J= 1 A= 5.5000000000000000E+1


Nit "C" - Měření rychlosti při 0.4 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms

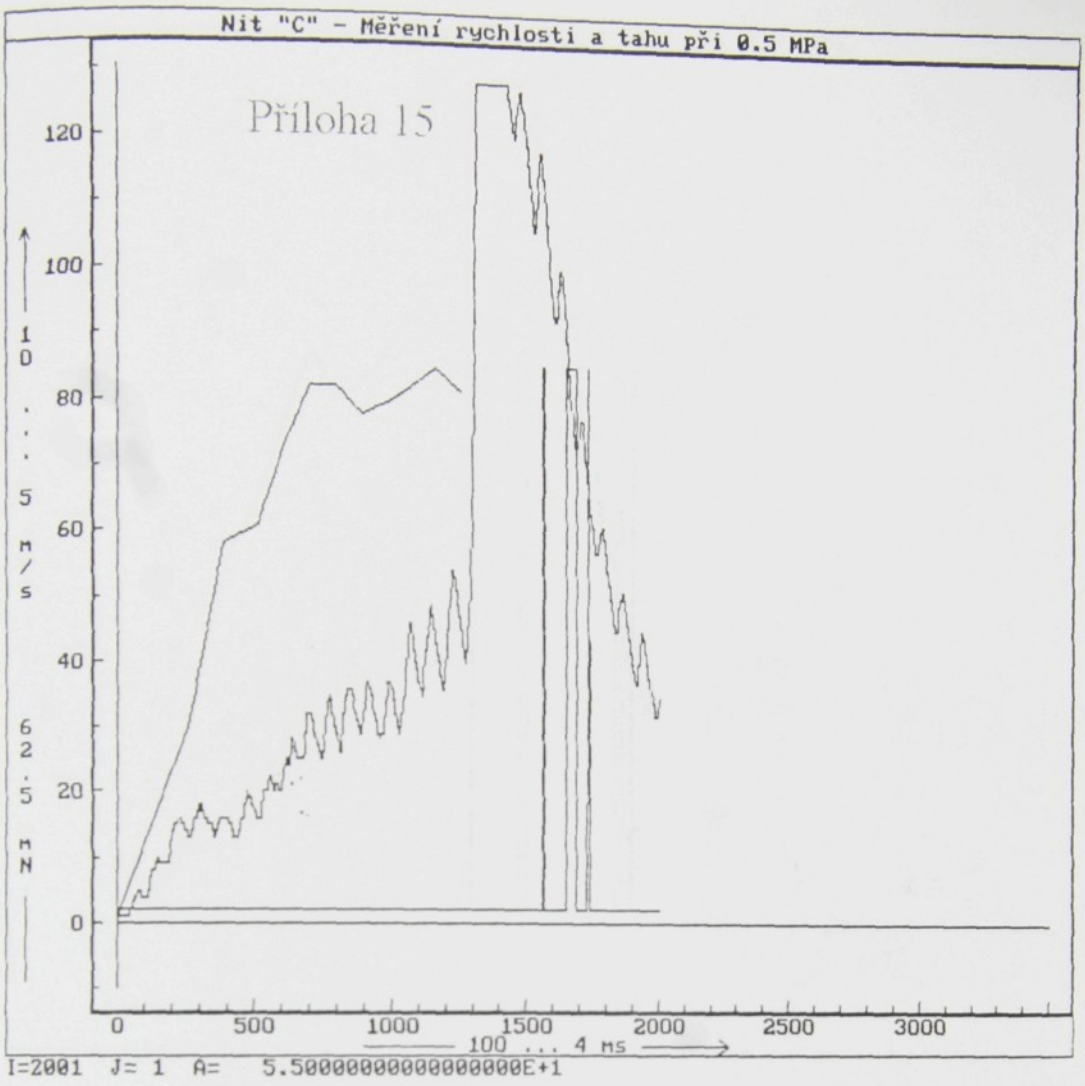
Příloha 14

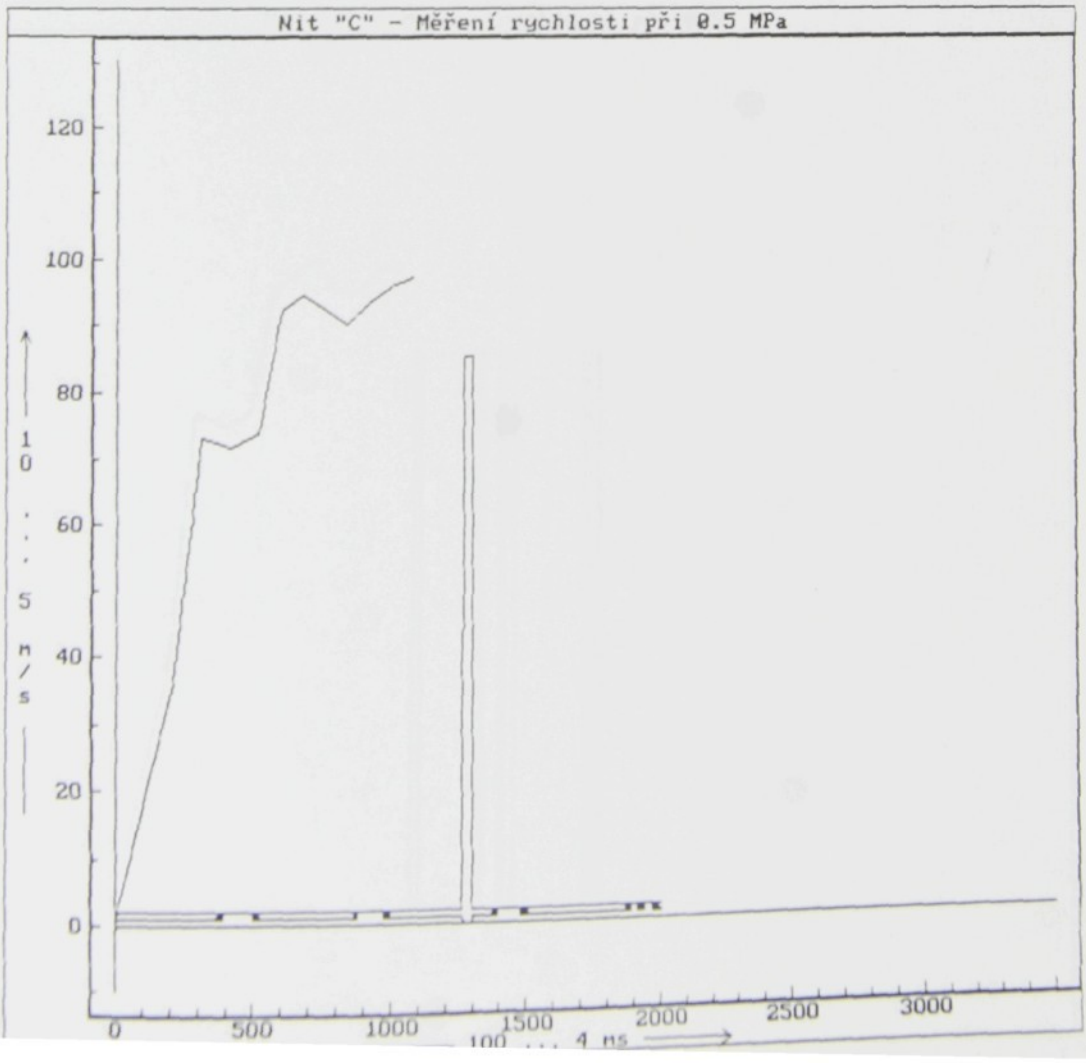


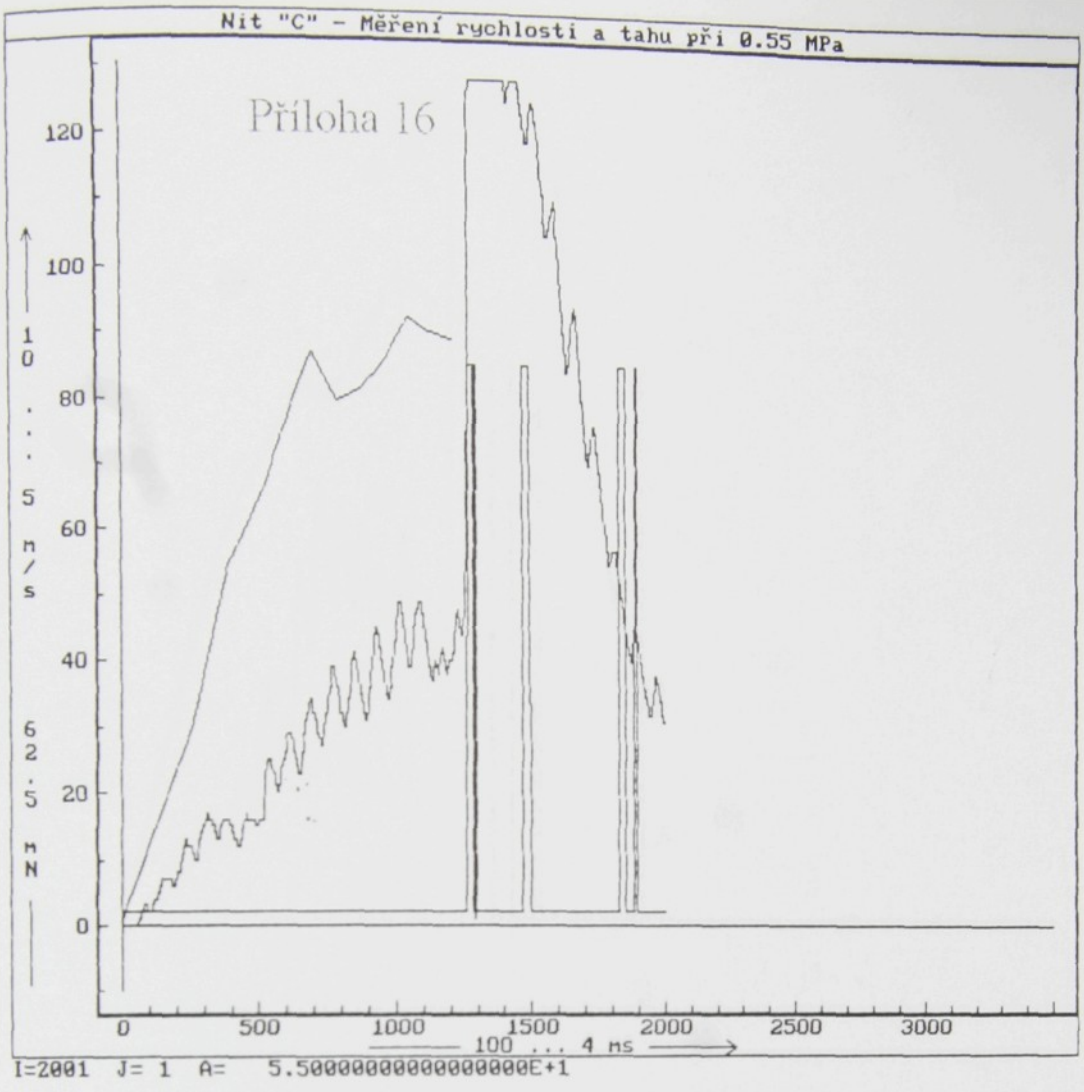
I=2001 J= 1 A= 5.5000000000000000E+1

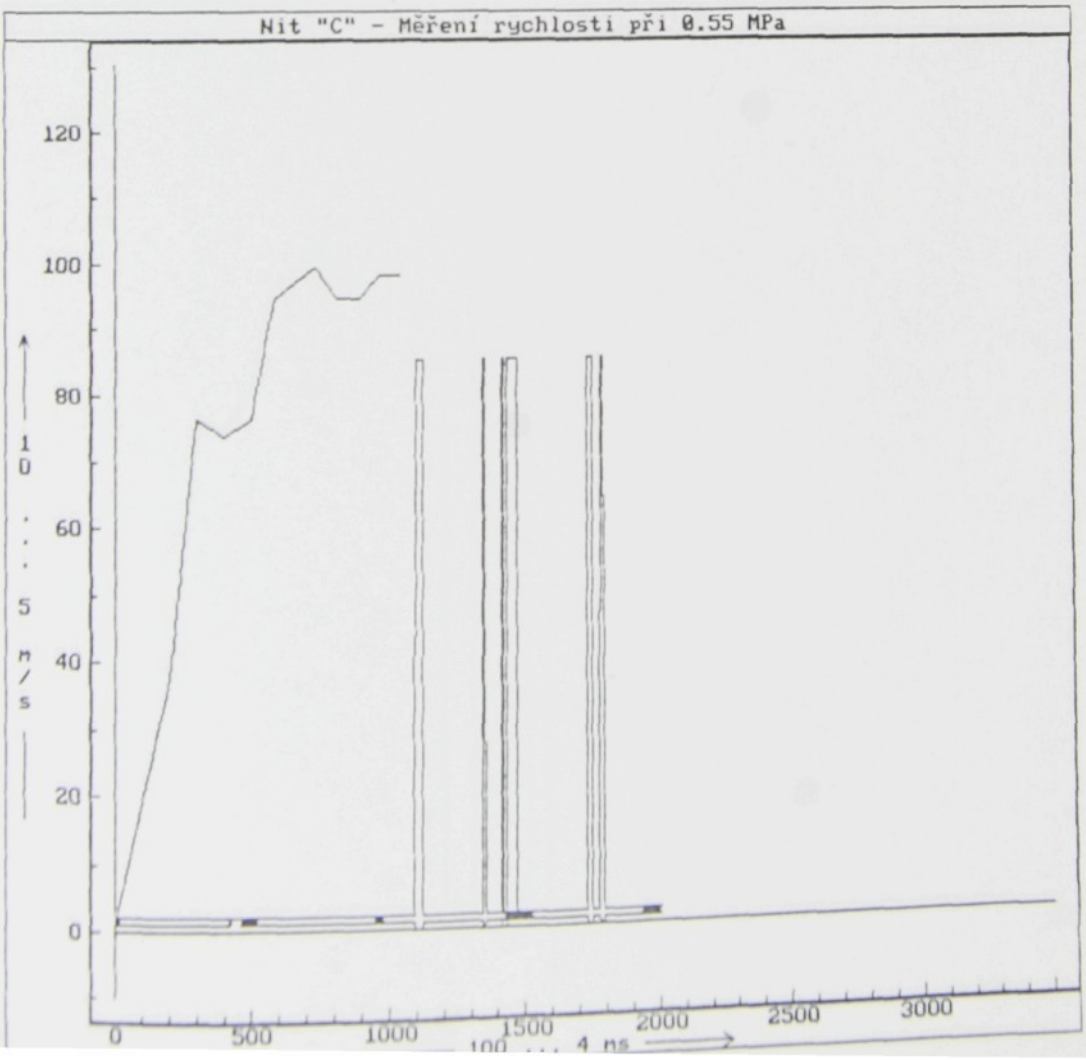


Příloha 15

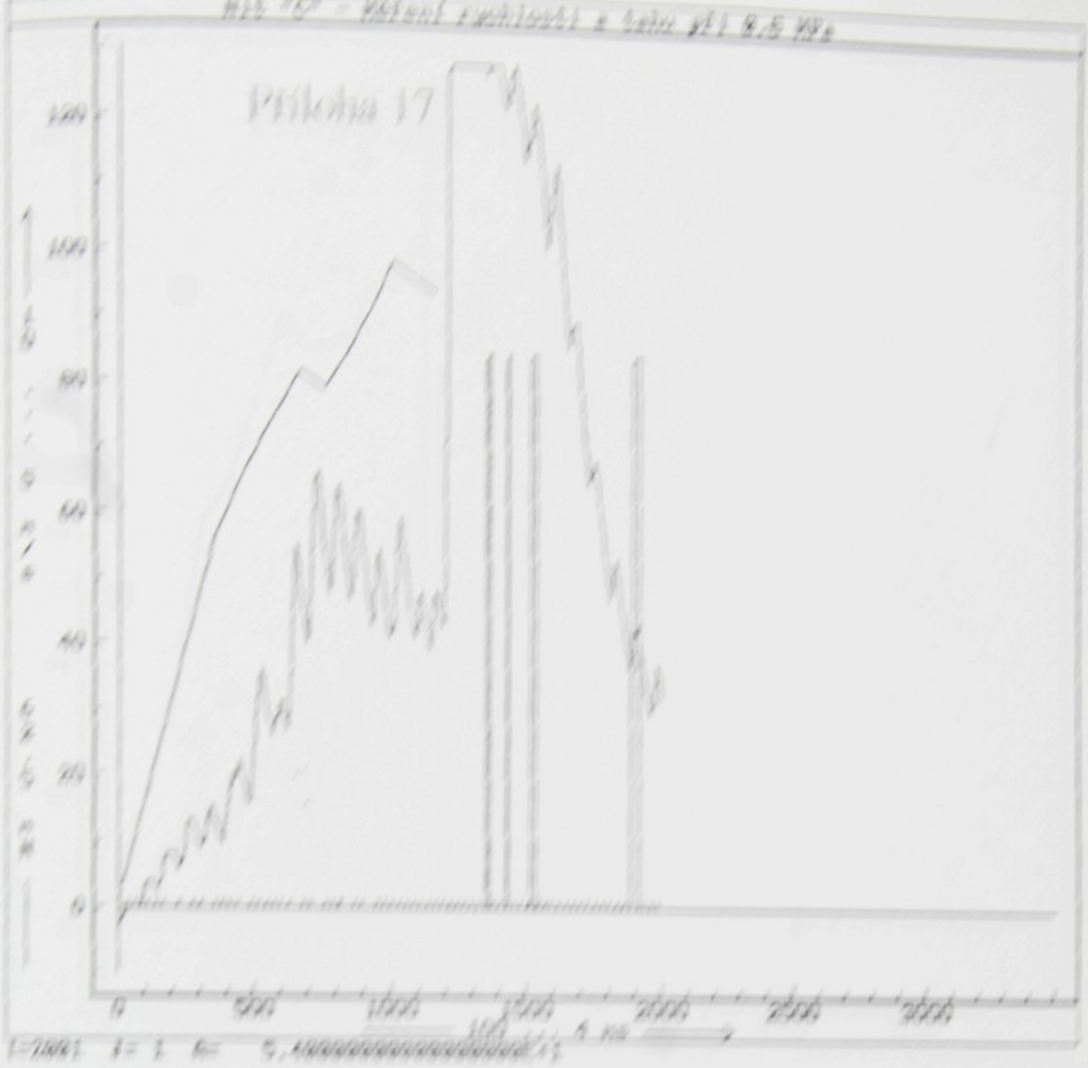

Nit "C" - Měření rychlosti a tahu při 0.5 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
625 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms
I=2001 J= 1 A= 5.5000000000000000E+1

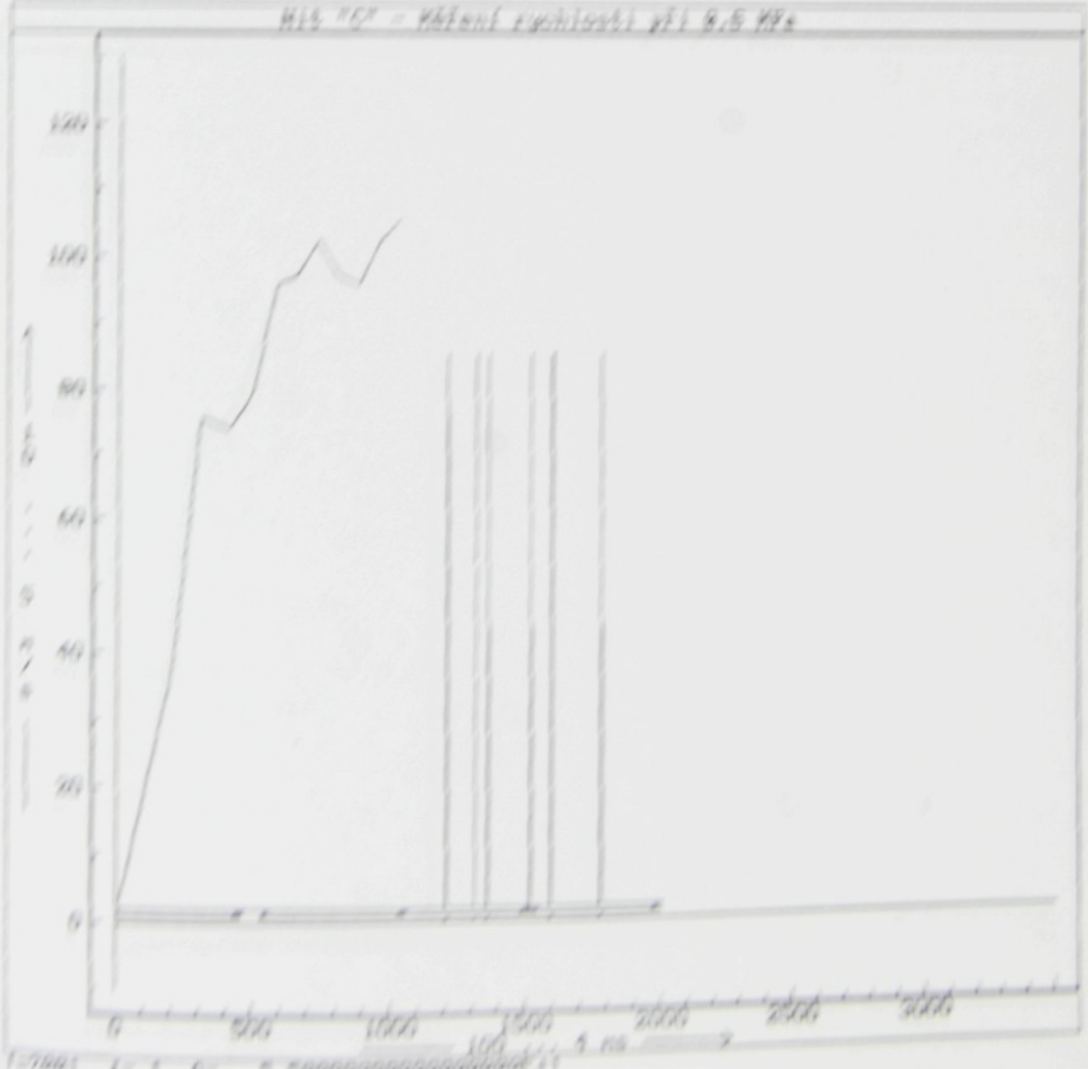

Nit "C" - Měření rychlosti při 0.5 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms


Nit "C" - Měření rychlosti a tahu při 0.55 MPa
Příloha 16
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
625 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms
I=2001 J= 1 A= 5.5000000000000000E+1

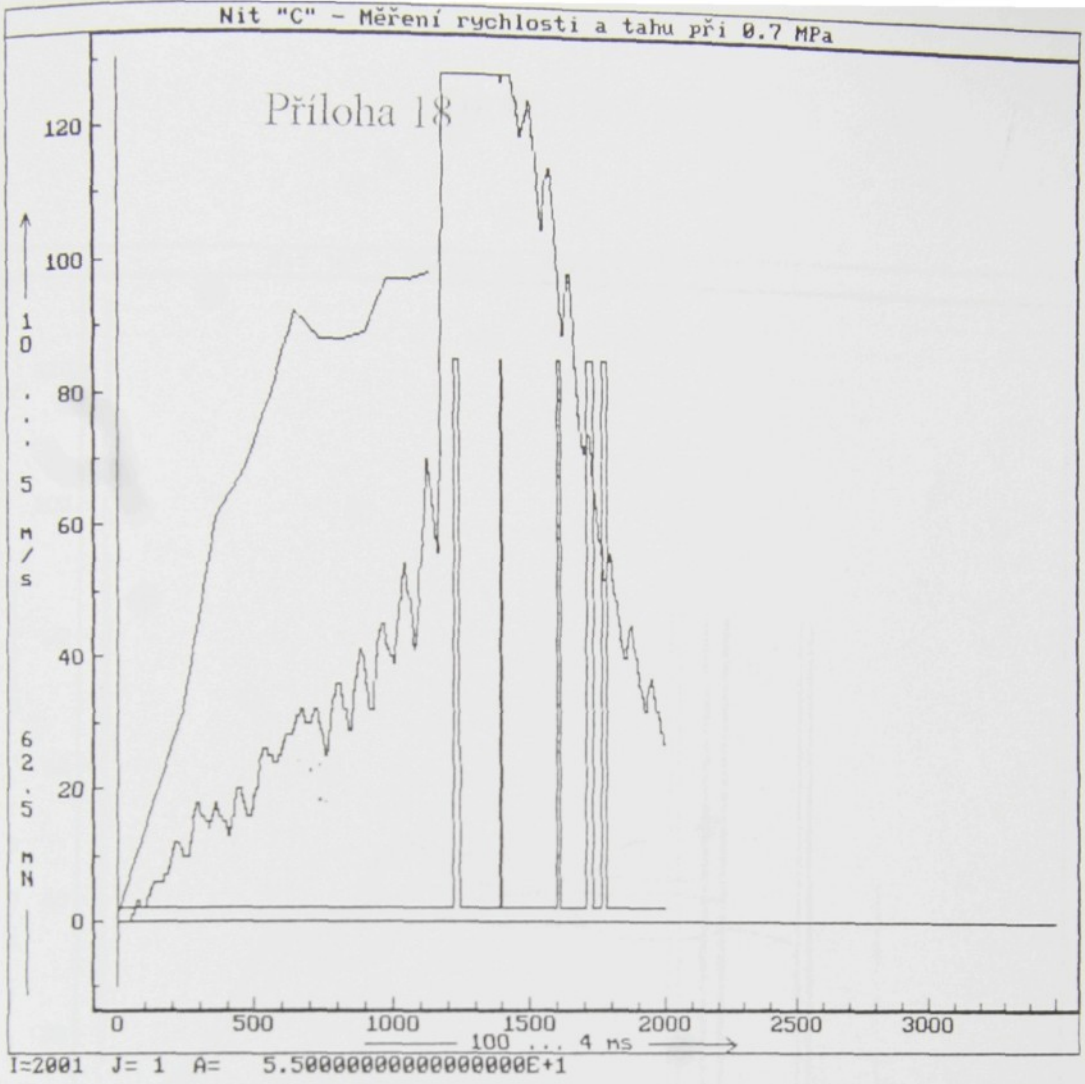

Nit "C" - Měření rychlosti při 0.55 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms

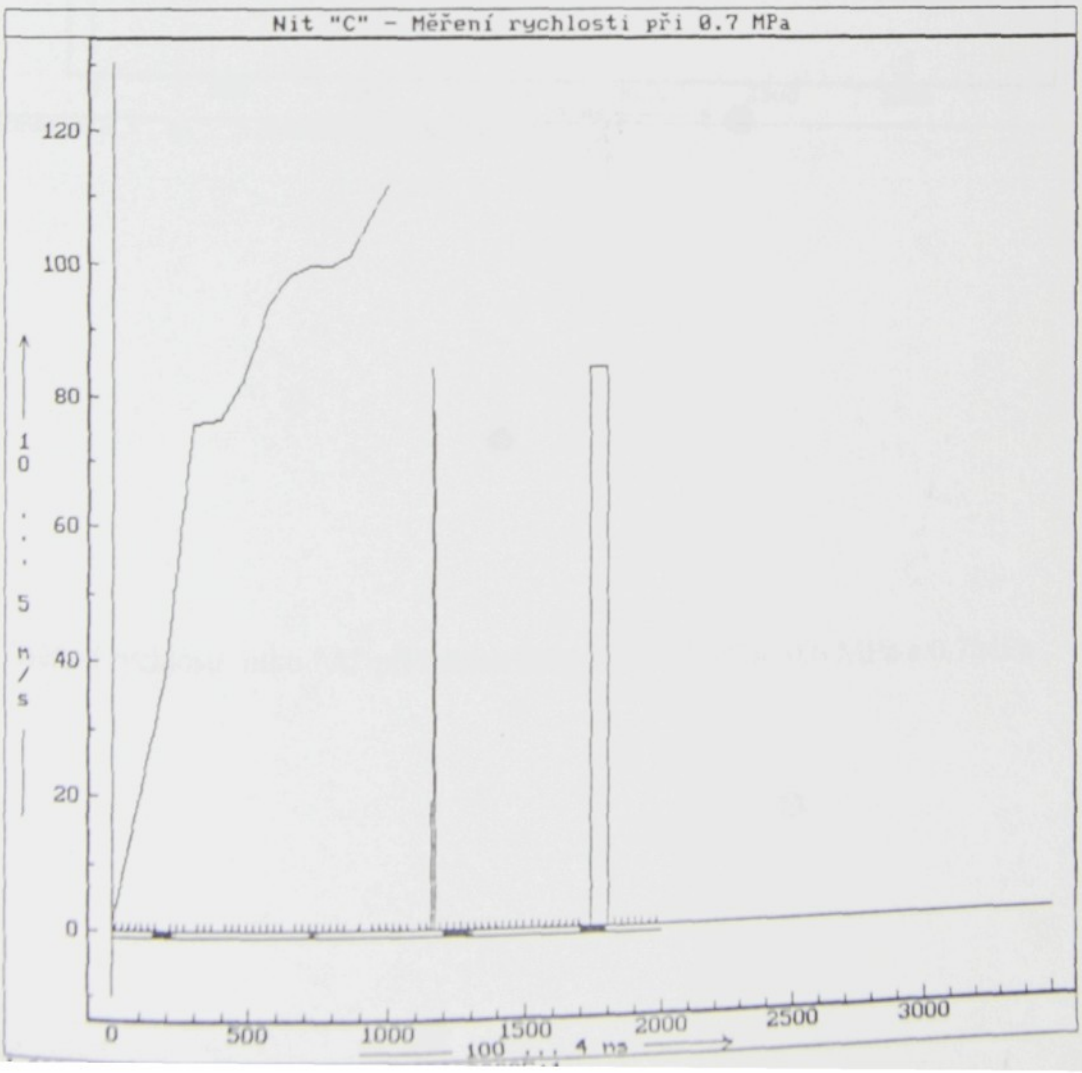
Příloha 17

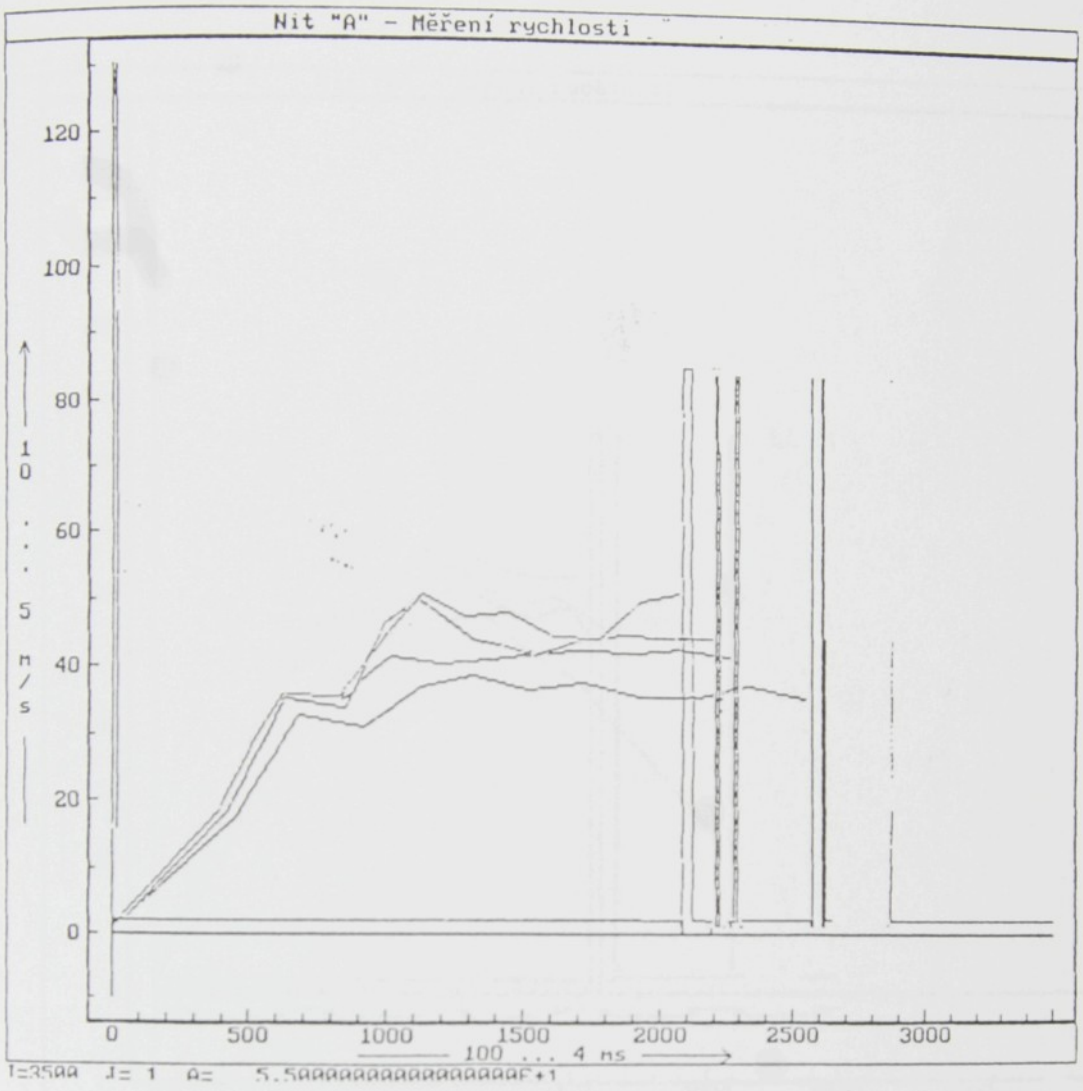




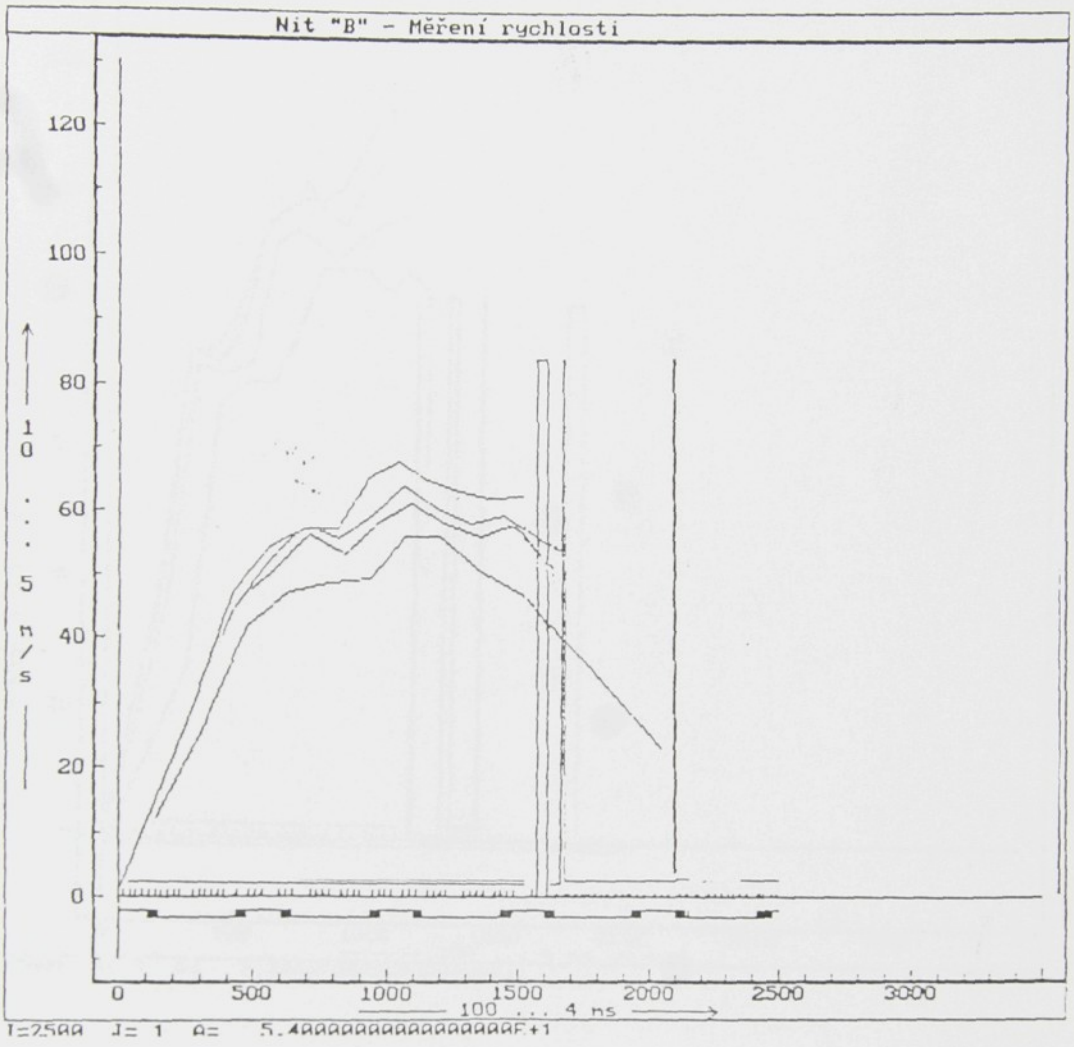
Příloha 18


Nit "C" - Měření rychlosti a tahu při 0.7 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
625 mN
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms
I=2001 J= 1 A= 5.5000000000000000E+1


Nit "C" - Měření rychlosti při 0.7 MPa
120
100
80
60
40
20
0
10 ... 5 m/s
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
100 ... 4 ms

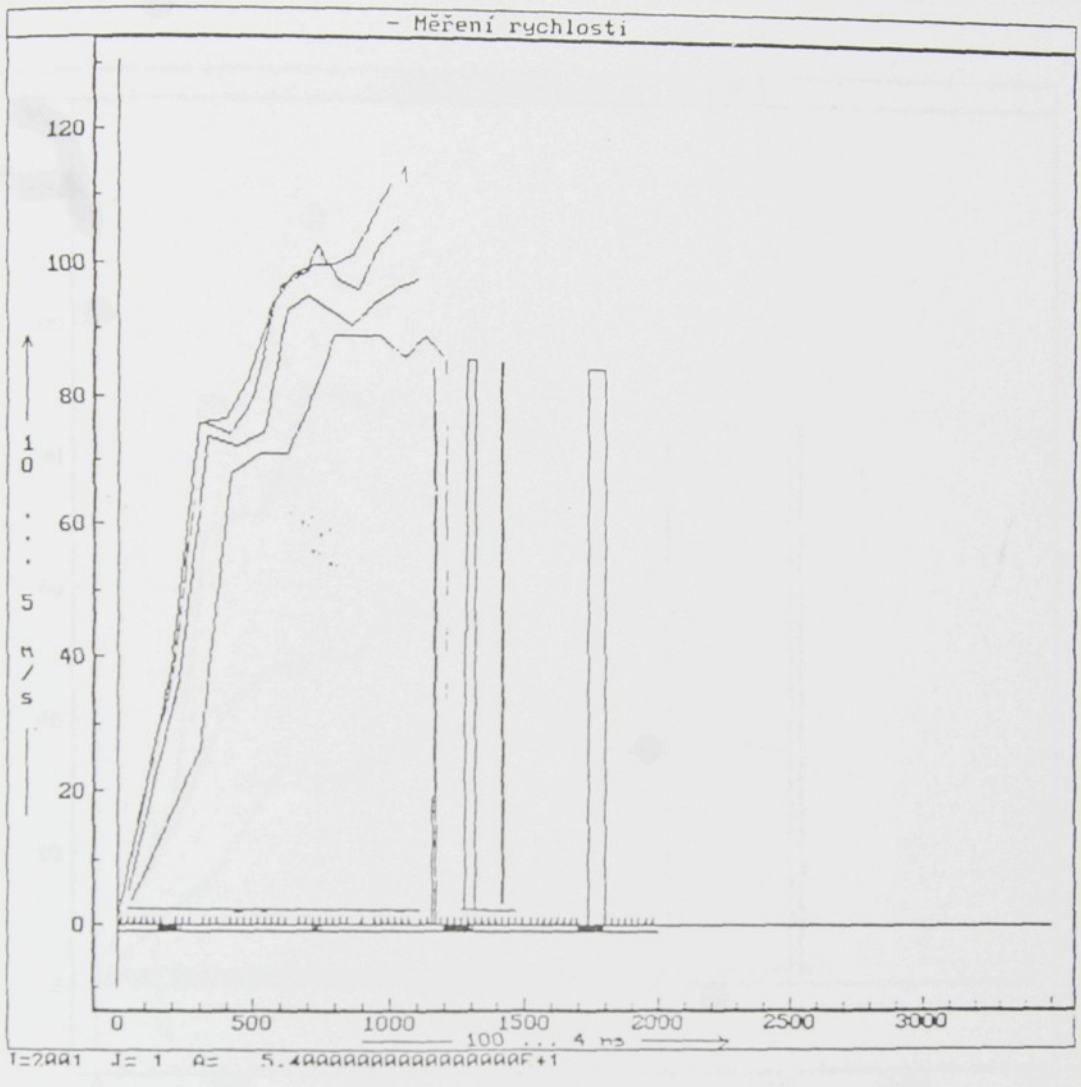


Měření rychlosti útku "A" při tlacích 0,4 MPa, 0,5 MPa, 0,6 MPa a 0,7MPa

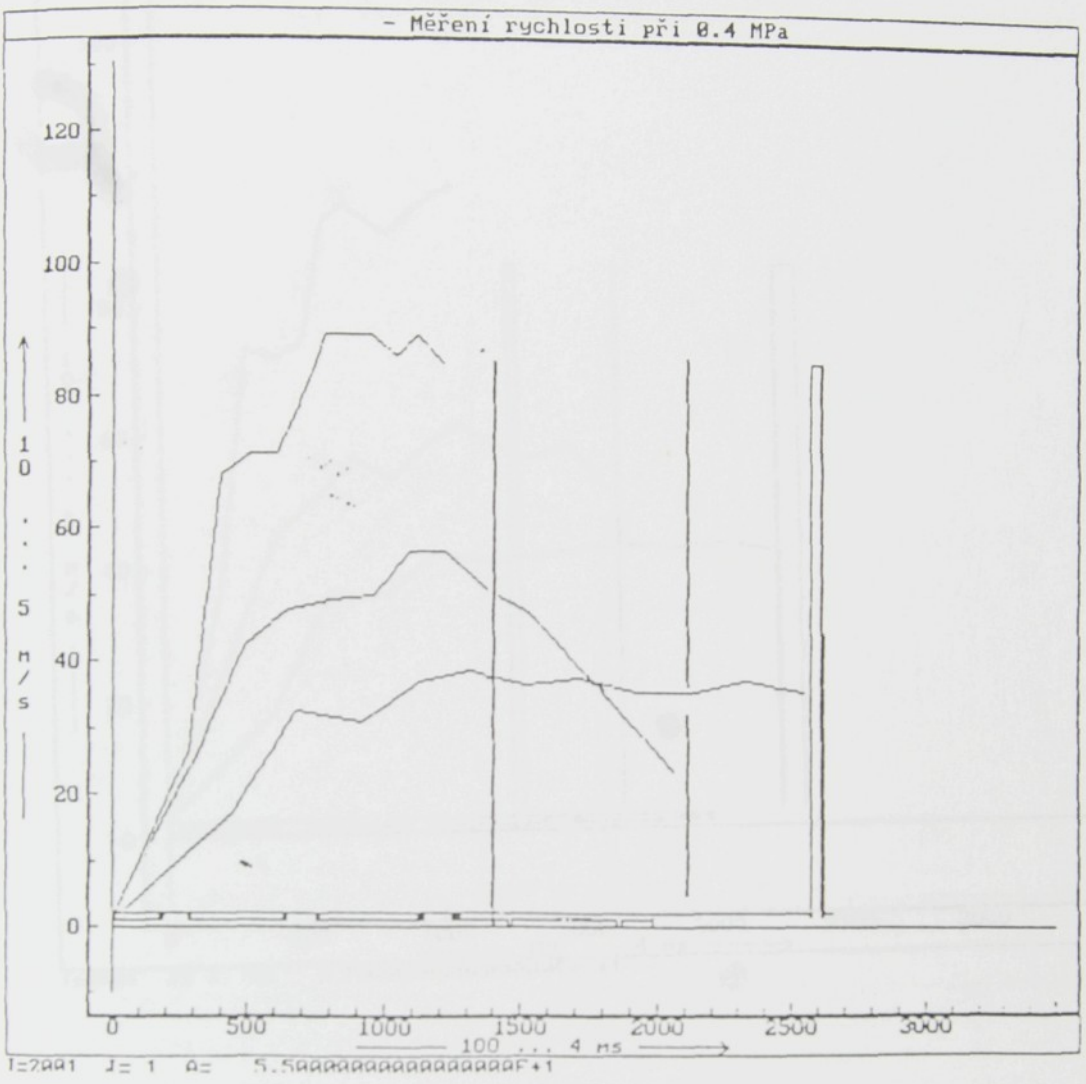


Měření rychlosti útku "B" při tlacích 0,4 MPa, 0,5 MPa, 0,6 MPa a 0,7MPa

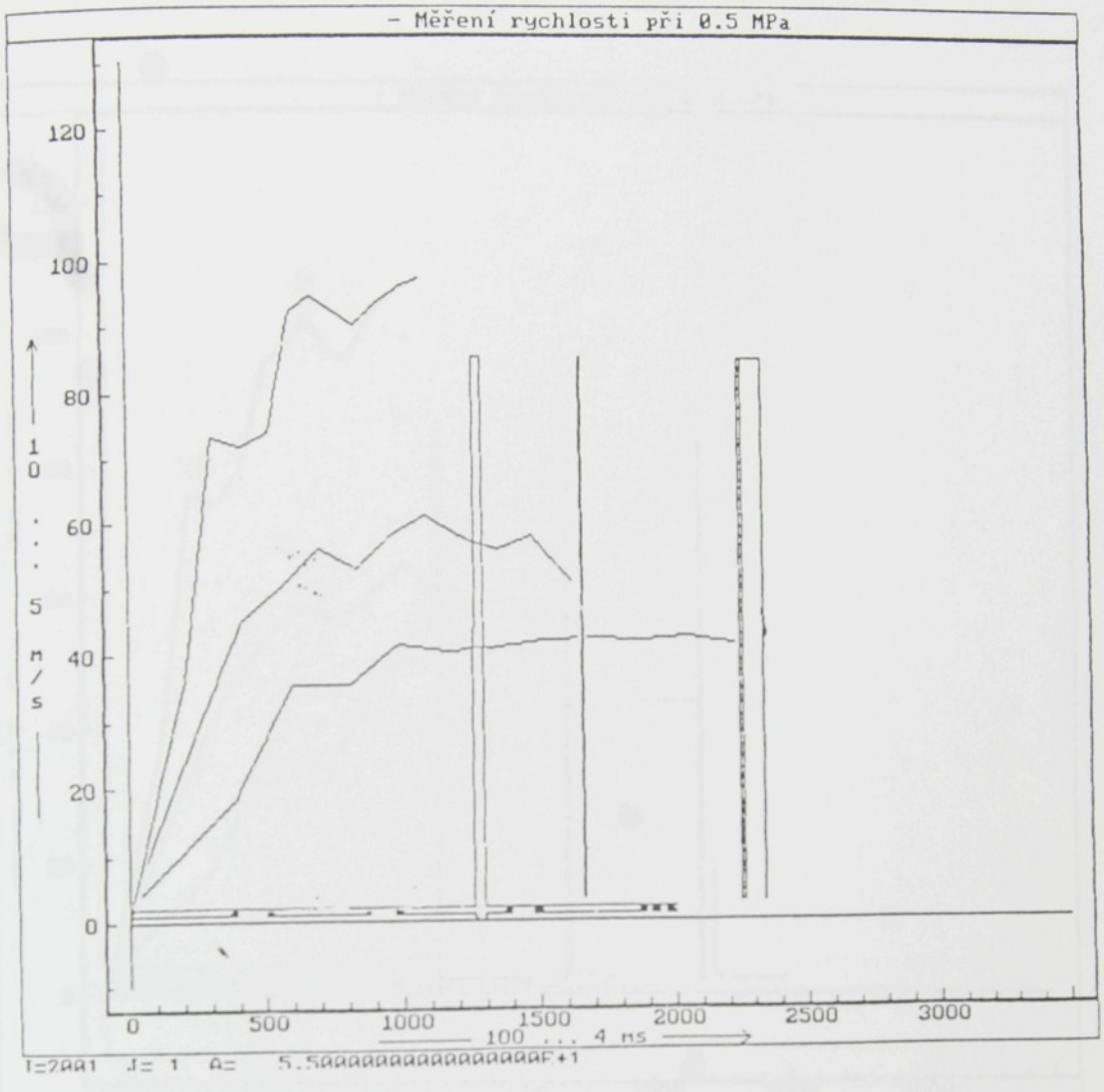
Příloha 21



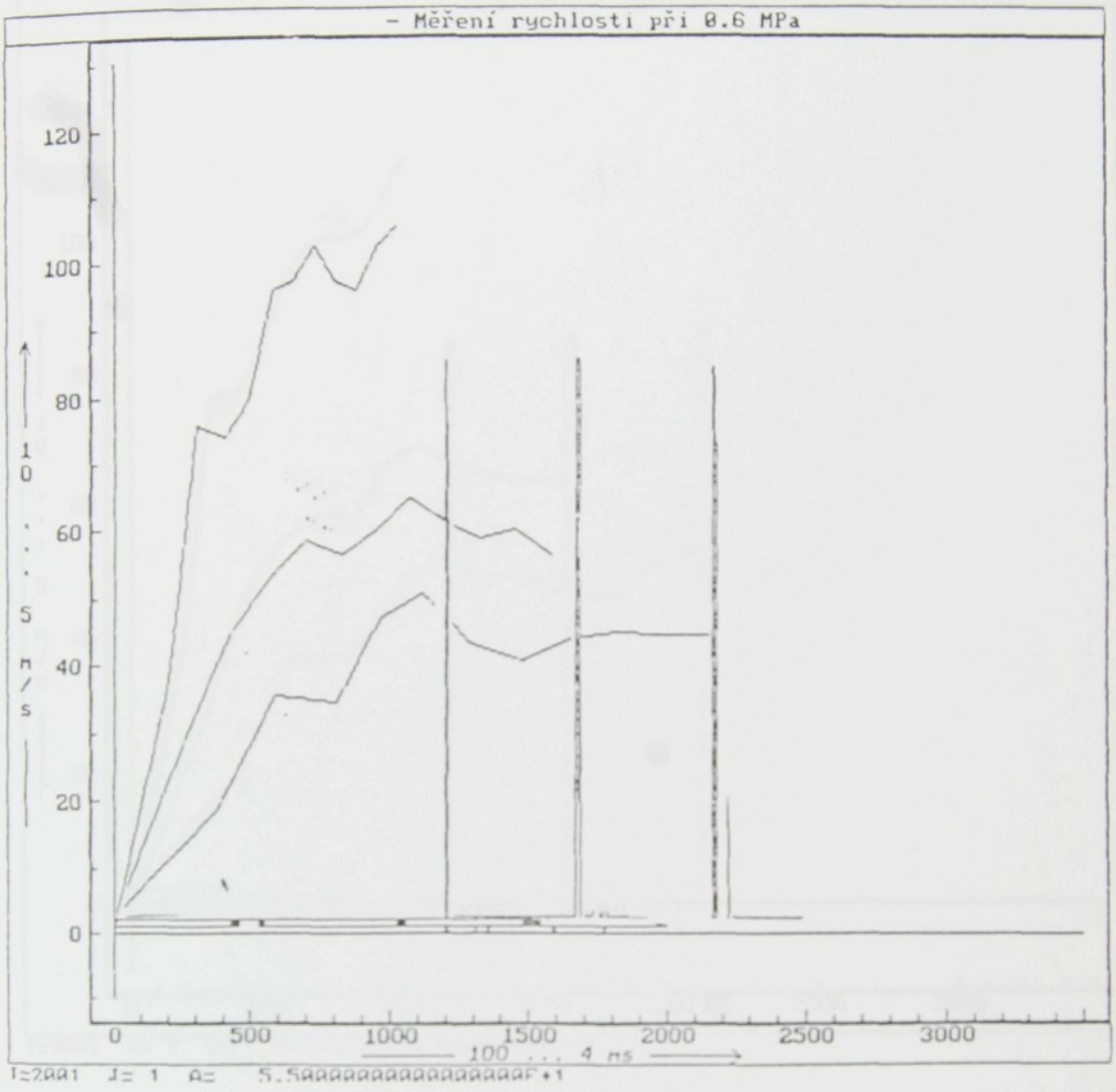
Měření rychlosti útku "C" při tlacích 0,4 MPa, 0,5 MPa, 0,6 MPa a 0,7MPa



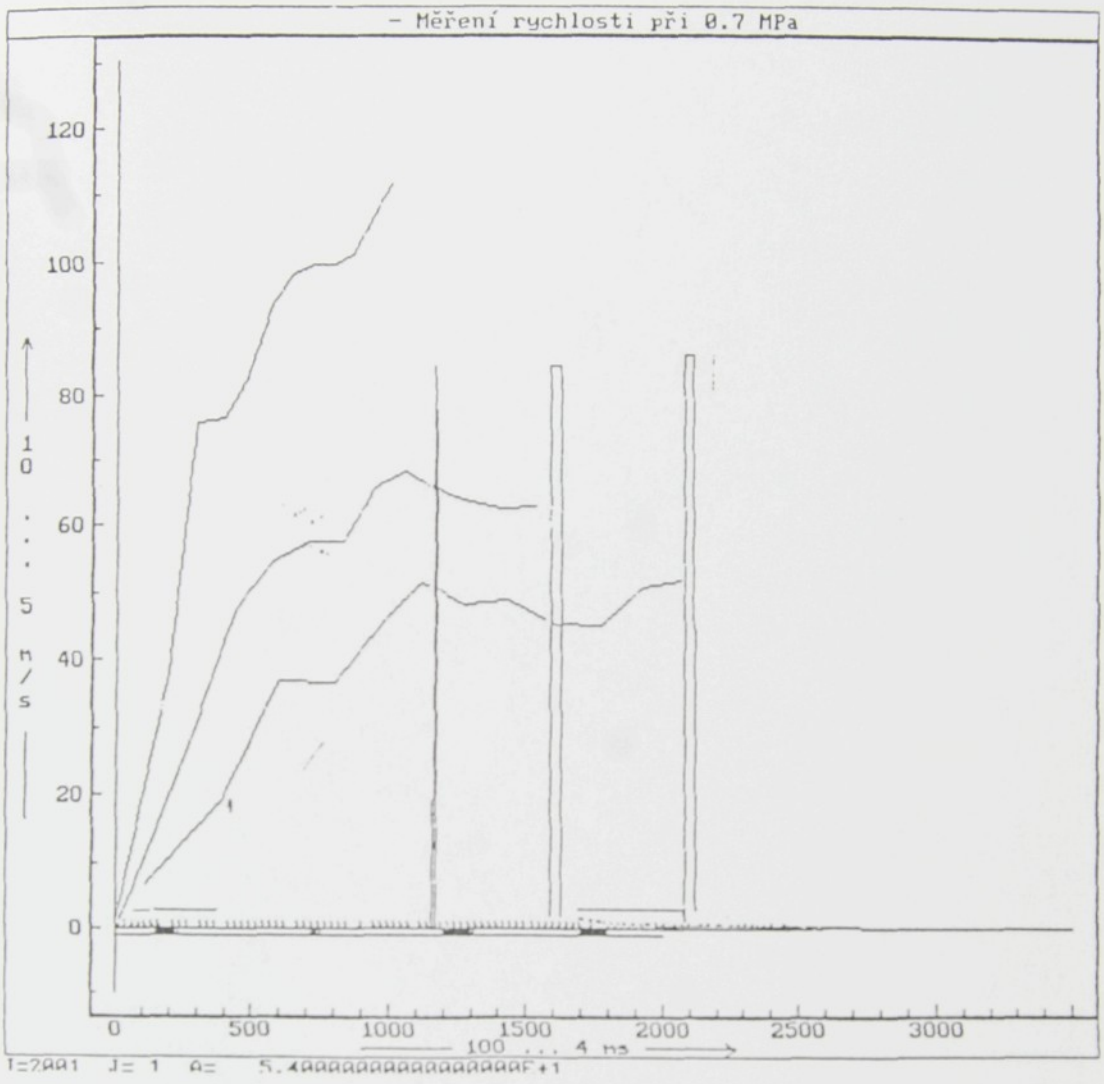
Měření rychlosti útku "A", "B" a "C" při tlaku 0,4 MPa



Měření rychlosti útku "A", "B" a "C" při tlaku 0,5 MPa



Měření rychlosti útku "A", "B" a "C" při tlaku 0,6 MPa



Měření rychlosti útku "A", "B" a "C" při tlaku 0,7 MPa