

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

---

Fakulta textilní

Katedra mechanických technologií

Prof.Ing.Petr Ursíny,DrSc.

## **PŘEDENÍ II.**

---

Liberec 2001

© Prof. Ing. Petr Ursíny, DrSc. - 2001

**ISBN 80-7083-540-0**

## PŘEDMLUVA

Skriptum „Předání II“ bezprostředně navazuje na předchozí díl. Pokračuje rozbor a objasňování podstaty technologicky navazujících spřádacích procesů a systémů za použití moderních, analytických prostředků. To umožňuje hlubší poznání vlivu příslušného spřádacího systému na výsledný vlákenný produkt. Prostředky matematického modelování jsou objasněny ve zvláštním dodatku, pro lepší pochopení příslušných postupů.

Značná pozornost je věnována dopřádacím systémům, včetně systémů nekonvenčních.

Jsou uvedena moderní strojně technická zařízení a nové poznatky z oblasti teoretické včetně matematického modelování vybraných technologických procesů.

Celkově oba díly zachycují komplexně teoretickou, technickou a technologickou problematiku předání -významné základní součásti celkové textilní technologie.

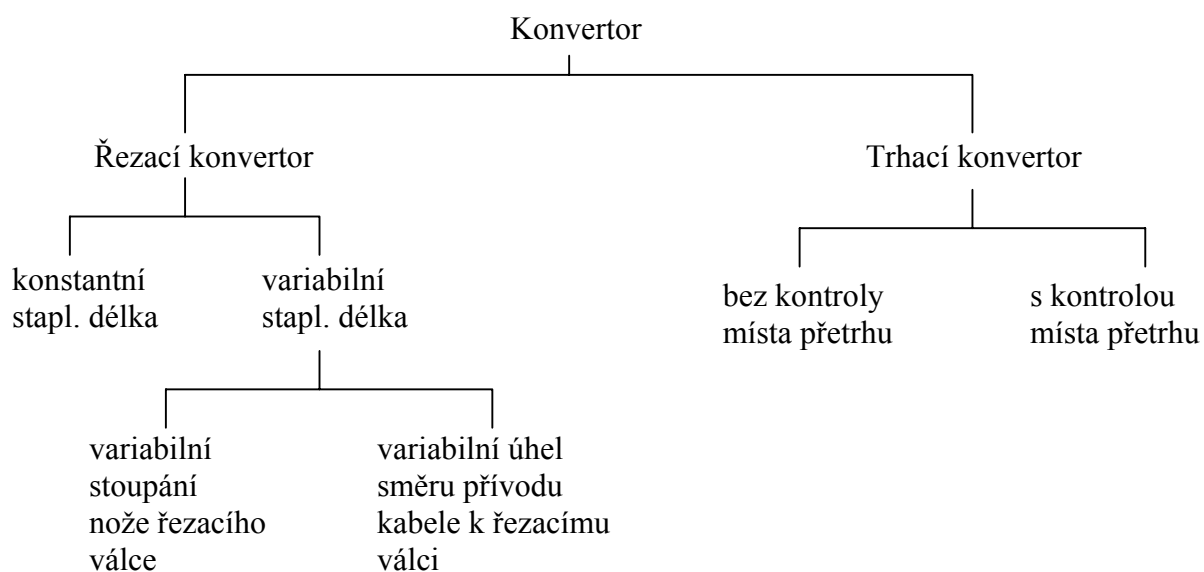
## **2.5 KONVERTOROVÝ POSTUP PŘÍPRAVY PRAMENE**

### **2.5.1 Úvod ke konvertorové technologii**

Se stále rostoucím používáním chemických vláken se hledají dokonalejší technologické postupy zpracování chemických vláken. Do přádelen byla původně chemická vlákna dodávána jako stříž v balících, ve slisovaném stavu. Vláknový materiál se dále zpracovával příslušným postupem, který byl v podstatě odvozen od odpovídající klasické technologie. Tyto postupy jsou nevýhodné pro svoji poměrnou složitost. Pro chemické vlákenné materiály se počaly používat konvertorové postupy, při nichž odpadá klasický způsob přípravy pramene, t.j. celá výrobní fáze od stříže ve slisovaném stavu až po vláknový pramen. Pro zpracování na konvertoru předkládáme kabel chemických vláken. Výsledným produktem je konvertorový pramen (řezanec nebo trhanec), který je dále zpracováván v přízi jako čistý a nebo smíchaný s jinými prameny.

Konvertorový postup se v současné době používá v přádelnách česané příze vlnářského typu, přičemž střední délka vláken leží v rozsahu 80-150mm.

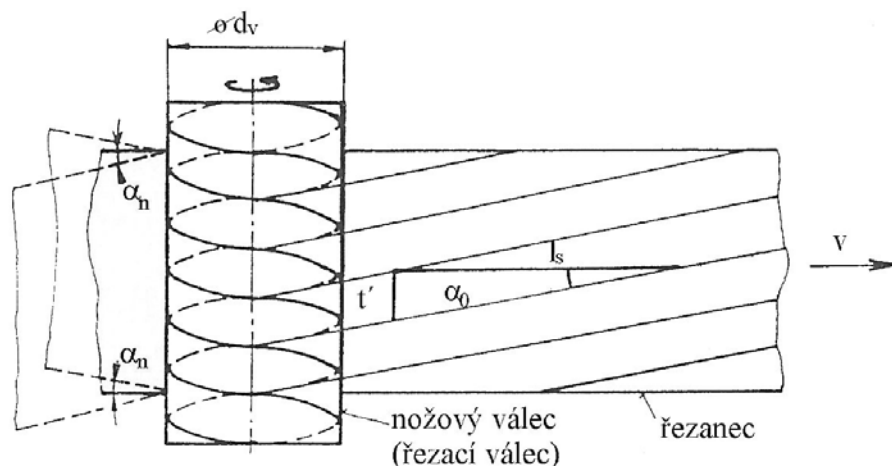
Různé postupy konvertorového pramene jsou zřejmé z obr.132.



Obr.132 Principy konvertorů

U řezacího konvertoru je rozprostřený kabel chemických vláken řezán nožovým válcem se šroubovicovým nožem. Řezací princip spočívá v podstatě v drcení vláken mezi řezacím válcem a hladkým válcem. Při tomto postupu může docházet v místě řezu k slepování konců vláken vláknenného svazku. Toto přináší určité potíže při následujícím protahování a míchání. Často je potřebné v těchto případech dočesávání.

V závislosti na provedení řezacího válce, případně v závislosti na úhlu přivádění kabele  $\alpha_n$  obdržíme následující staplové délky vláken (obr.133).



Obr.133 Princip řezání u řezacího konvertoru

Při konstantní délce řezu:

$$l_s = \frac{t}{n \cdot \operatorname{tg} \alpha_0} = \frac{t'}{\operatorname{tg} \alpha_0} = \frac{\pi \cdot d_v}{n} \quad (108)$$

Při variabilní délce řezu:

$$l_{s\alpha} = \frac{t \cdot \cos \alpha_0}{n \cdot \sin(\alpha_0 \pm \alpha_n)} \quad (109)$$

$l_s$  ... staplová délka [mm]

$t$  ... rozteč (stoupání nože na řezacím válci) [mm]

$n$  ... počet nožů na řezacím válci

$t'$  ... vzdálenost mezi noži ve směru osy řezacího válce [mm]

$d_v$  ... průměr nožového válce [mm]

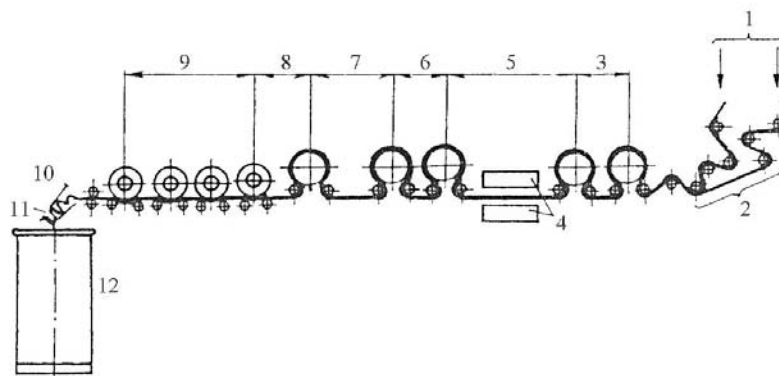
$\alpha_0$  ... úhel stoupání nože

$\alpha_n$  ... úhel přivádění kabele (úhel odchylky od kolmého směru přivádění k řezacímu válci)

$l_{s\alpha}$  ... délka vlákna při výchylce  $\alpha_n$  [mm]

Vedle řezacích konvertorů se stále ve větším měřítku používají trhací konvertory pracující na principu nekontrolovaného místa přetrhu.

Příklad trhacího konvertoru je uveden na obr.134.



Obr.134 Postup vláknenného materiálu trhacím konvertorem

- 1 ... kabel chemických nekonečných vláken (např. PAN –celková délková hmotnost 120 ktex)
  - 2 ... podávací rám
  - 3 ... předdloužicí zóna ( $P=1,04$ )
  - 4 ... ohřívací desky ( $t=140^{\circ}\text{C}$ )
  - 5 ... dloužicí zóna s ohřevem ( $P=1,3$ )
  - 6 ... klidová zóna ( $P=0,98$ )
  - 7 ... první trhací zóna ( $P=1,4$ )
  - 8 ... druhá trhací zóna ( $P=1,3$ )
  - 9 ... dotrhávací zóna ( $P=1,95$ )
  - 10 ... pěchovací komůrka – obloučkovací zařízení
  - 11 ... konvertorový trhaný pramen (trhanec cca 30 ktex)
  - 12 ... přední konec
- Pozn. V závorce jsou uvedeny orientační technologické hodnoty pro PAN kabel

Přednost trhacího konvertoru spočívá především ve vysoké čistotě konvertorového pramene, lepší stejnoměrnosti, pevnosti, hranici výpředu a objemnosti výsledné příze.

Při zpracování kabele na trhacím konvertoru se postupně realizuje protažení elementárních vláken až do přetrhu. Přetrh nastává v náhodném místě vláken na úseku mezi svěry válců. Vzdálenosti mezi svěry válců (délka dloužících, trhacích polí a dotrhávacího pole) jsou postupně ve směru postupu vláknenného materiálu voleny menší, čímž se zajišťuje dosažení určité staplové délky.

Dloužicí zóna s ohřevem umožňuje volbou odpovídajících teplot ohřívacích desek a bezprostředně následujícím ochlazením kabele zajistit dodatečným zpracováním v pařáku značné srážení vláken.

Této možnosti je využíváno zejména u PAN vláken a to k výrobě vysokoobjemových přízí. Je možno míchat konvertorové prameny s vysráženými vlákny s prameny s vlákny nevysráženými v poměru 60%/40%. Po výrobě příze může být dosaženo zobjemnění na kontinuální pařící a srážecí lince.

Technologie výroby příze při použití konvertorů má následující hlavní výrobní stupně z hlediska zpracovávané komponenty chemických vláken.

Výchozím produktem je kabel nekonečných chemických vláken. Následující etapy:

- zpracování na konvertoru (event. včetně paření – fixace)
- posukování
- míchání (např. s vlněným pramenem)
- předpřádání
- dopřádání

Některé přednosti a požadavky při zpracování na konvertoru:

- možnost použití velké délky kabele jako předlohy, z čehož vyplývá i zlepšení stupně využití konvertoru
- předběžná klimatizace kabele
- dobré příčné rozprostření kabele (žádné smoty, smyčky, apod) při vstupu do trhací nebo řezací zóny
- stejnoměrná délková hmotnost a pevnost elementárních vláken
- na výstupu z konvertoru dochází k zobloučkování pramene pro dosažení dostatečné mezivlákně soudržnosti v prameni pro zajištění spolehlivého odebrání pramene z konve
- přítomnost vláken po trhání na trhacím konvertoru o délce větší než 200mm vyžaduje použití dotrhávacího posukovacího stroje, přičemž tyto stroje současně mohou sloužit k protahování a míchání
- při zpracování kabele na řezacím konvertoru, pokud elementární vlákna mají délkovou hmotnost  $< 0,33\text{tex}$ , lze počítat s potřebou dočesávání

## **2.5.2 Rozbor postupu dělení kabele řezáním**

### Technologický princip výroby pramene řezáním

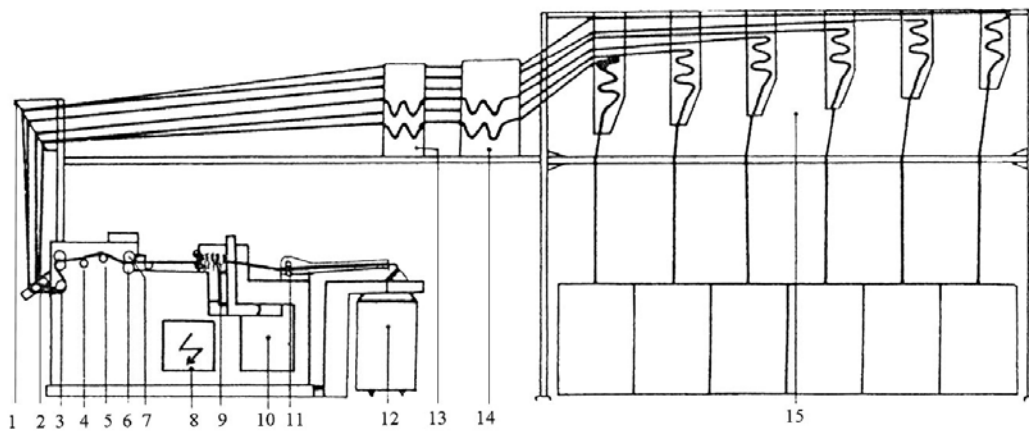
Postup výroby konvertorového pramene řezáním dosáhl poměrně značného rozšíření. Podstatou dělení vláken kabele na řezacích konvertorech je řezání pomocí speciálního řezacího ústrojí.

K rozdělování vláken dochází tedy řezáním, přesněji řečeno drcením. Tvorba pramene probíhá dále v zónách posuvu vláken, popřípadě v průtahovém poli (oboustranné hřebenové pole). Pro zajištění dostatečné mezivláčenné soudržnosti se provádí zobloučkování v pýchovacím ústrojí.

Všechny současné řezací konvertory mají ústrojí pro rozprostření a napínání kabele, ústrojí pro automatické zastavení stroje při průchodu špatně rozprostřeného nebo překrouceného kabele nebo při návinech kabele nebo pramene na pracovní orgány stroje.

Pro objasnění funkce řezacího konvertoru použijeme příklad stroje – typ D6/4 fy Rieter (Švýcarsko).

Technologické schéma je uvedeno na obr.135.



Obr.135 Technologické schéma řezacího konvertoru typ D 6/4 fy Rieter

- |                                 |                                   |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1 ... vodící rám                | 9 ... jehelné pole                |
| 2 ... vystředovací ústrojí      | 10 ... odsávání                   |
| 3 ... vstup                     | 11 ... obloučkovací zařízení      |
| 4 ... kontrolní ústrojí uzlů    | 12 ... konev pro ukládání pramene |
| 5 ... zařízení pro šikmé řezání | 13 ... předpínací rám             |
| 6 ... přítlačný válec           | 14 ... brzdový rám                |
| 7 ... nožový válec              | 15 ... příváděcí a napínací rám   |
| 8... převodová skříň            |                                   |



Předpokladem pro výrobu kvalitního pramene z chemických vláken je stejnoměrná napjatost a paralelní poloha jednotlivých nekonečných vláken. Tuto podmínku zajišťuje příváděcí a napínací rám 15. Předkládaný pramen nekonečných chemických vláken je kontrolován a rozprostřen pomocí dvou tyčí ve tvaru oblouku. Dále následuje seřizovatelné napínací ústrojí. Před řezacím ústrojím se nachází zařízení pro šikmé řezání (5), které umožňuje pomocí vychylování vstupujícího kabele ze směru postupu docílit periodické změny úhlu řezu, čímž je možno dosáhnout staplového diagramu, jenž se podobá vlně.

Hlavním technologickým zařízením je řezací ústrojí, které pozůstává z řezacího válce (7) a z hladkého přitlačného válce (6), který se nachází pod tímto řezacím válcem. Je možno měnit přitlačné předpětí. Řezací válec pozůstává z masivního ocelového válce se šroubovitě uloženým nožem o malé šířce. Prostor mezi jednotlivými noži je vyložen gumou, aby se zamezilo stranovému vychylování vláken během řezacího procesu. Oba válce jsou vyrobeny s velkou přesností, což je podmínka pro dokonalé řezání jednotlivých vláken kabele.

Odtahovací válce, jakož i nekonečný transportní pás vedou nařezaná vlákna bez průtahu k ojhlenému poli (9). Rozvláknění je zajišťováno 110 hřebeny, z nichž 72 se nachází v pracovní poloze. Předprůtah činí 1,05 – 2,00. Hlavní průtah mezi ojhlenými hřebeny a odváděcími válci je nastavitelný v rozsahu 5,5 – 16. Dokonalý stisk na vstupu a výstupu průtahového ústrojí dovoluje intenzivní vyčesávání konců vláken, přičemž současně dochází k odsávání zbytků po řezání pomocí odsávacího zařízení (10).

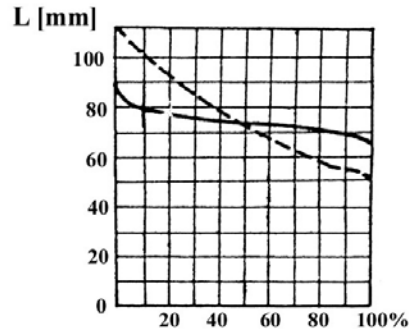
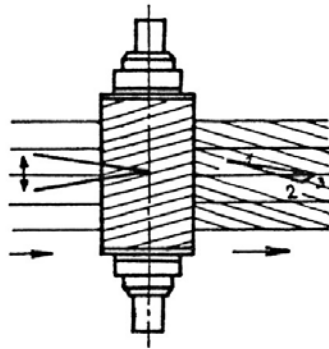
Protazený vlákenný materiál je přiveden do obloučkovacího zařízení (11). Toto pozůstává ze dvou ocelových válečků, které vtlačují pramen do pěchovací komůrky. Tímto způsobem získané mechanické zobloučkování vláken dodává prameni nezbytnou soudržnost, jež je potřebná pro další zpracování. Vodící kanál vede konvertorový pramen dále do ukládacího zařízení a konve (12). Odtah vodícího kanálu je zajištěn naháněným párem válců, který ukládá současně pramen do konve.

Schematické znázornění funkce zařízení pro šikmé řezání a důsledek této funkce ve staplovém diagramu (střední délka 75 mm) je znázorněn na obr.136.

Na závěr technického popisu uvedme vybrané důležité parametry sledovaného konvertoru D 6/4:

Maximální délková hmotnost předlohy	$2,2 \cdot 10^6$ dtex (220ktex)
Celkový průtah	6 – 20 nás.
Délková hmotnost výst. pramene	10 – 20ktex
Možné délky řezu	176, 132, 105, 88, 75, 65, 59mm(pro délky řezu

53,48,44mm je nutné speciální průtahové ústrojí)

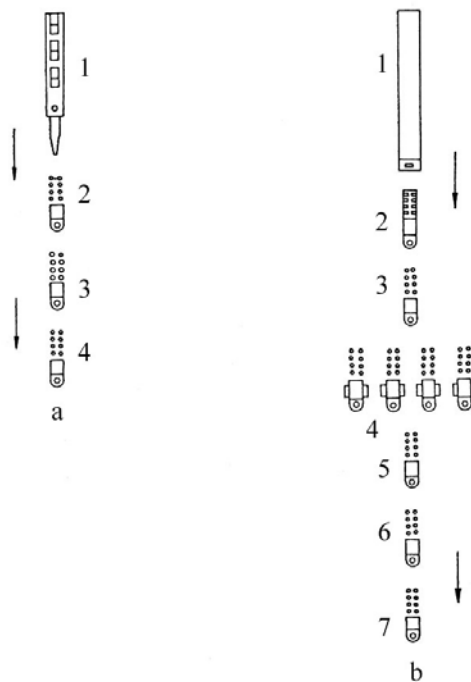


Obr.136 Princip a funkce ústrojí pro šikmé řezání a staplový diagram

- 1 ... dlouhé vlákno
- 2 ... normální délka vlákna
- 3 ... krátké vlákno

Pro zajímavost srovnáme konvertorovou a klasickou technologii (obr.137).

Na první pohled je zřejmé, že konvertorová technologie má nižší počet pasáží. Na úseku technologie česané příze to tedy znamená pronikavé snížení výrobních nákladů na výrobu česance při aplikaci konvertorové technologie.



Obr.137 Konvertorová (a) a klasická (b) technologie

Pracovní stupně:

Konvertorová technologie	Klasická technologie
1. konvertor	1. mykací složení
2. první pasáž – posukovací stroj s dvojitým hřebenovým polem (interseking)	2. první pasáž – posukovací stroj s dvojitým hřebenovým polem (interseking)
3. druhá pasáž – posukovací stroj s dvojitým hřebenovým polem (interseking)	3. druhá pasáž – posukovací stroj s dvojitým hřebenovým polem (interseking)
4. třetí pasáž – posukovací stroj s dvojitým hřebenovým polem (interseking) případně s automatickým vyrovnavačem nestejnoměrnosti	4. česací stroje 5. první pasáž 6. druhá pasáž 7. třetí pasáž Posukovací stroje s dvojitým hřebenovým polem (interseking) u třetí pasáže s automat. vyrovnavačem nestejnoměrnosti

Závěrem k problematice řezacích konvertorů uvedme některé obecně platné poznatky:

Dělení vláken kabele řezáním, resp. drcením přináší některé přednosti:

- a) zůstávají zachovány původní vlastnosti chemického vlákenného materiálu (např., elasticita, barvitelnost, apod.)
- b) existuje poměrně přesná kontrola délky vláken. Je možno dosáhnout jak obdélníkového staplového diagramu, tak také trojúhelníkového, resp. trojúhelníku podobného staplového diagramu
- c) možnost rychlé změny délky řezu a délkové hmotnosti pramene
- d) volba délky řezu je možná v poměrně širokém rozmezí vlnařských délek

Jak již bylo uvedeno, negativním důsledkem řezacího procesu je tvorba spojů vlákných konců. Z toho důvodu je nezbytné v návaznosti na konvertor použít ještě 2-3 pasáže posukovacích strojů s hřebenovým polem, aby bylo dosaženo ojednocení i rovnoměrného rozložení vláken po délce produktu, což je předpokladem výroby stejnoměrné příze.

### Teorie tvorby pramene řezáním kabele

Pro zajištění proměnlivé délky vláken na řezacích konvertorech se používá speciálních zařízení, která mění úhel podání kabele k nožovému válci.

Rozdělení délek vláken pak vyplývá z následujících schémat (obr.138,139).

Z trojúhelníku ABC vyplývá:

$$l_{s\alpha} = l_s \frac{\sin \alpha_0}{\sin(\alpha_0 - \alpha_n)} \quad (110)$$

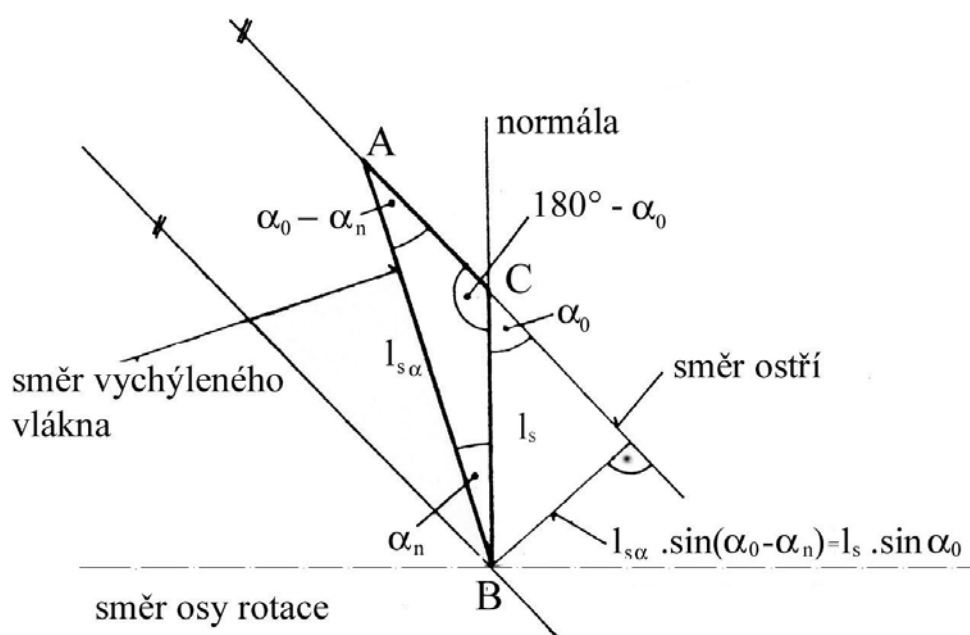
$l_{s\alpha}$  ... délka vlákna při výchylce  $\alpha_n$  [mm]

Dosadíme-li hodnotu  $l_s$  podle vztahu (108), obdržíme

$$l_{s\alpha} = \frac{t \cdot \cos \alpha_0}{n \cdot \sin(\alpha_0 - \alpha_n)} \quad (111)$$

Jak je zřejmé, výraz (111) odpovídá výrazu (109).

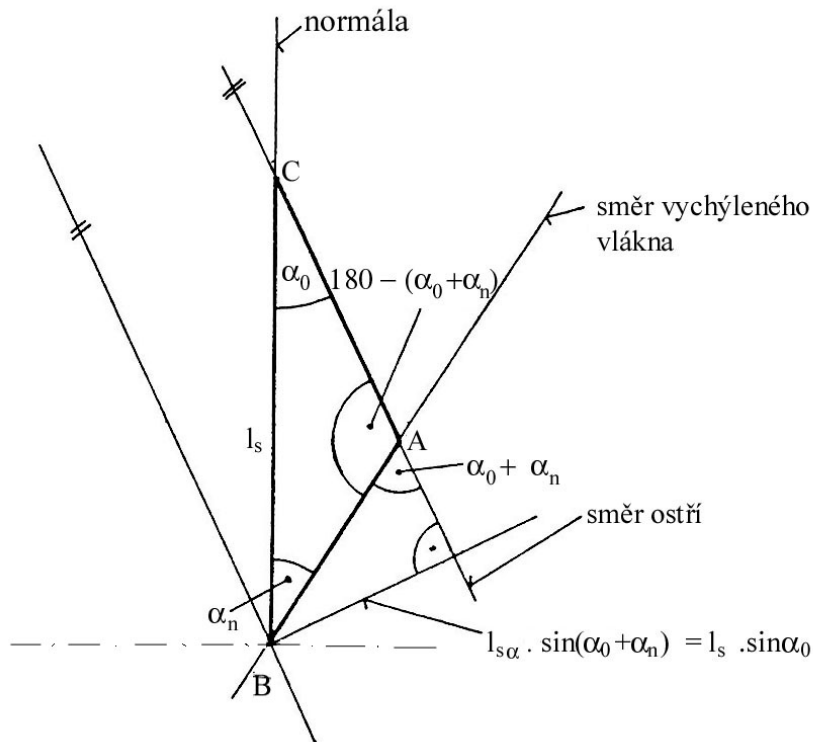
Pomocí vzorce (111) můžeme určit délky vláken v závislosti na pohybu vodících válců v osovém směru vlevo a zpět.



Obr.138 Detail trojúhelníku ABC (vychýlení vláken vlevo)

Vychýlení vláken kabele vpravo

Konečný vztah pro délku  $l_{s\alpha}$  odvodíme ze schématu na obrázku 139.



Obr.139 Detail trojúhelníka ABC (vychýlení kabele vpravo)

Z trojúhelníka ABC vyplývá:

$$l_{s\alpha} = l_s \cdot \frac{\sin \alpha_0}{\sin(\alpha_0 + \alpha_n)} = \frac{t \cdot \cos \alpha_0}{n \cdot \sin(\alpha_0 + \alpha_n)} \quad (112)$$

Výrazy (111) (112) společně dávají již dříve uvedený vztah (109), tj.:

$$l_{s\alpha} = \frac{t \cdot \cos \alpha_0}{n \cdot \sin(\alpha_0 \pm \alpha_n)}$$

### **2.5.3 Rozbor postupu dělení kabele trháním**

#### **Technologický princip výroby pramene trháním**

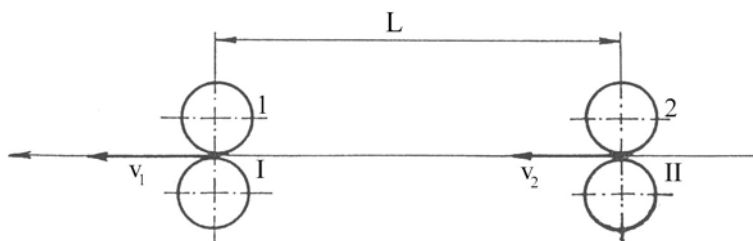
Postup zpracování kabele trháním budeme sledovat jako tzv. trhání bez kontroly místa přetrhu, neboť tento způsob se používá v největší míře.

Podstata trhání bez kontroly místa přetrhu spočívá v postupném napínání vláken kabele až do přetrhu.

Určujícími faktory při přetrhu kabele jsou:

- vzdálenost mezi stiskovými liniemi dvojic válců (usazení)
- poměr obvodových rychlostí odváděcích válců k obvodové rychlosti příváděcích válců (průtah)
- velikost protažení vláken při přetržení (tažnost)
- napřímenost a paralelizace vláken v kabelu

Napínací síly, vznikající v důsledku rozdílu rychlostí průtahových válců, nejprve vyvolávají deformaci – prodloužení vlákna a potom jeho přetrh. Poněvadž vlákno se vyznačuje určitou úrovní deformačních vlastností, je třeba k jeho přetrhu určitý čas nutný pro deformaci vlákna na protažení při přetržení. Při změně průtahu se mění doba nutná pro přetrh vlákna. Čím větší je průtah a obvodová rychlost průtahových válců, tím rychleji dochází k přetrhu. Vlákna se trhají v neslabších místech po celé délce mezi válci. Schéma zóny přetrhu se nachází na obr.140.



Obr.140 Schéma zóny přetrhu vláken kabele

Technologický princip i celkový postup výroby pramene z kabele pomocí trhání vysvětleme na příkladu trhacího konvertoru fy Seydel. Konvertory fy Seydel jsou používány v našich přádelnách česané příze.

#### Trhací konvertor typ S 675

Typ 675, jehož technologické schéma je na obr.141 patří k typové řadě konvertorů, u nás poměrně rozšířených.

Předkládané kabely procházejí nejprve naváděcím rámem a potom brzdícím zařízením, čímž jsou přiváděné kabely převáděny na vláknový útvar stužkového charakteru příslušné šířky a rovnoměrné tloušťky. Naváděcí rám A je upevněn na stropu ve výšce nad podlahou 4 - 5m, aby se mohl kabel při odvádění z kartonů bez překážek vyvěsit. Tím se odstraní nežádoucí zákruty a záhyby. Dále následuje brzdící zařízení B pro zajištění potřebného tahu ve vláknech při současné kontrole správného navedení rozprostřeného vláknového kabele, který dále směřuje k jednotlivým sadám válců (1,2,3 ...10).

Předpětí dále získávají vlákna kabele mezi první a druhou sadou válců. Další předpětí, popř. dloužení s ohřevem se realizuje mezi druhou a třetí sadou válců. Ohřívací ústrojí se skládá z horní a dolní desky, z nichž každá má tři vyhřívací plotýnky. Ohřívací zařízení je zavěšeno na pákovém systému, který desky otevírá a zavírá. Když není ohřívání zapotřebí, mohou být desky zajištěny v otevřené poloze.

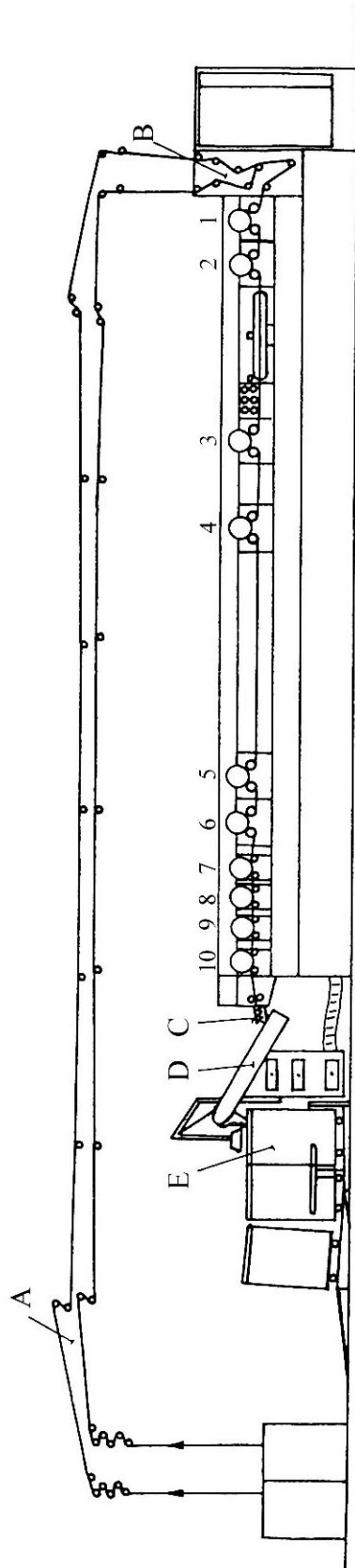
Další předpínání vláken kabele nastává mezi třetí a čtvrtou sadou válců. Mezi čtvrtou a pátou a též pátou a šestou sadou válců jsou vlákna kabele dloužena.

Mezi sedmou a osmou sadou válců je vlastní proces trhání, mezi osmou a devátou sadou válců je dotrhávání, mezi devátou a desátou je pramen protahován na jemnost vhodnou pro družení na pasáži po konvertoru.

Obloučkovací zařízení C udělí vláknům pramenu potřebnou obloučkovitost pro zajištění nezbytné soudržnosti. Dopravním můstkem D je materiál odváděn do konve E. Konve jsou perforované pro další zpracování – fixaci trhance v pařáku. Modernějším způsobem je aplikace kontinuálně navazujícího pařáku.

#### Vybrané technické parametry stroje

- počet sad válců	10
- celková délková hmotnost před. kabelů PANK	300ktex
PESk	100 –200ktex
VSk	200ktex
- odvádění – počet vývodů, konví, pramenů	1 vývod,1 konev, 1 pramen
- výkon stroje v závislosti na jakosti kabele a délkové hmotnosti	150-400kg/hod
- střední délka vláken	80 –150mm
- délková hmotnost vláken kabele	1,1 –34dtex
- délková hmotnost odváděného pramene	20 – 30ktex
- odváděcí rychlost	280m/min
- instalovaný příkon stroje	52kW



Obr.141 Technologické schéma trhačieho konvertoru Seydel typ 675



### Přednosti trhacích konvertorů

- v jednom procesu je možno z kabelů vláken vyrobit trhanec vysoké stejnoměrnosti a s požadovaným staplovým diagramem vláken
- vyhřívací ústrojí umožňuje výrobu objemových přízí se zvolenou sráživostí (PAN kabel)
- přizpůsobivost různým typům chemických vláken a tedy univerzálnost stroje pro přádelny česaných přízí
- trhance není nutno přečesávat a příze z nich vyrobené vykazují vyšší stejnoměrnost
- vlákna dané délkové hmotnosti vykazují vyšší hranici výřednosti
- příze jsou pevnější a vykazují nižší množství nečistot

Dalším modernějším typem v uvedené řadě je trhací konvertor typ 677. Z jeho technických parametrů uvedme:

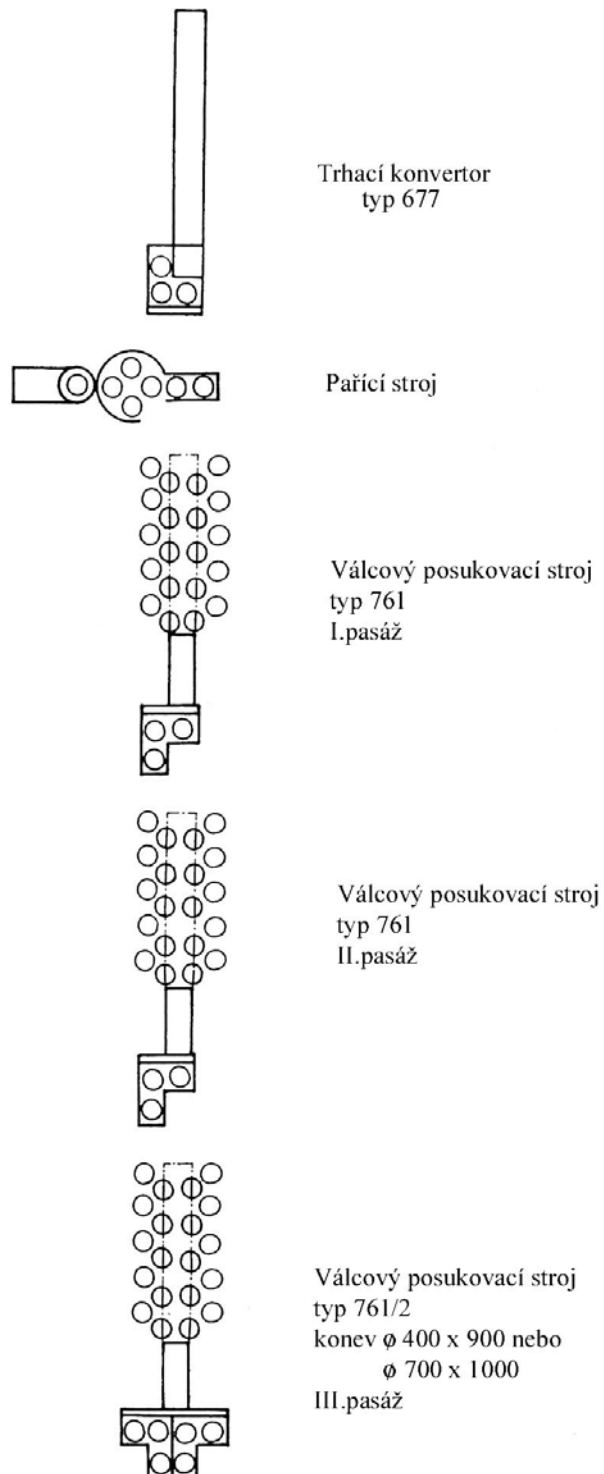
- |  |                 |
|--|-----------------|
| - celková hmotnost předkl. kabelů PANk                                       | 120ktex         |
|  | PESk 70ktex     |
| - délková hmotnost vlákna kabele   | 1,1 – 34dtex    |
| - střední délka vláken   | 75 – 150mm      |
| - délková hmotnost pramene   | 10 – 30ktex     |
| - odváděcí rychlost  | 220m/min        |
| - výkon stroje v závislosti na jakosti kabele<br>a celkové délkové hmotnosti | 100 – 250kg/hod |
| - instalovaný příkon stroje  | 42kW            |

Systém přípravy pramene s dlouhými vlákny (80 - 150mm) s aplikací trhacího konvertoru typ 677 je schematicky znázorněn na obr.142, systém přípravy krátkovláknenného pramene je znázorněn na obr.143 vesměs se stroji fy Seydel.

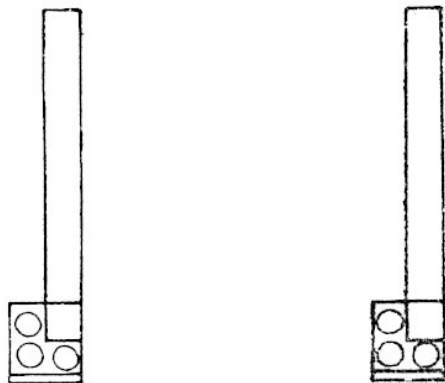
U všech existujících způsobů zpracování kabelů chemických vláken je trhání bez kontroly místa přetrhu relativně velmi jednoduchá technologie a výsledný staplový diagram je vhodný z hlediska míchání s vlněným česancem. Existuje však i řada nedostatků. Při přetrhu vláken nastává kritické napětí, v důsledku čehož dochází k deformaci vlákna se změnou jeho původních vlastností. Zmenšuje se tloušťka vláken a prodloužení při přetržení, nadměrně vzrůstá smrštění vláken při relaxaci.

Problém smršťování vláken je velmi závažný. Jak je zřejmé z předchozího výkladu k technologii, je zařazován jako další technologický stupeň proces paření. Procesem paření

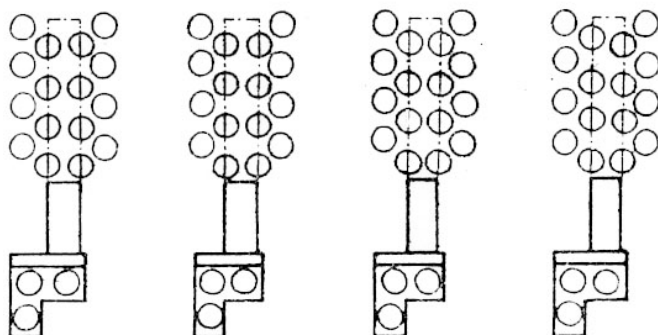
zajišťujeme fixaci vláken, odstraníme potenciální možnost nežádoucího smršťování. Důležitou součástí pařáku je programová regulace technologických parametrů (teploty, tlaku).



Obr.142 Systém přípravy dlouhvláknenného pramene



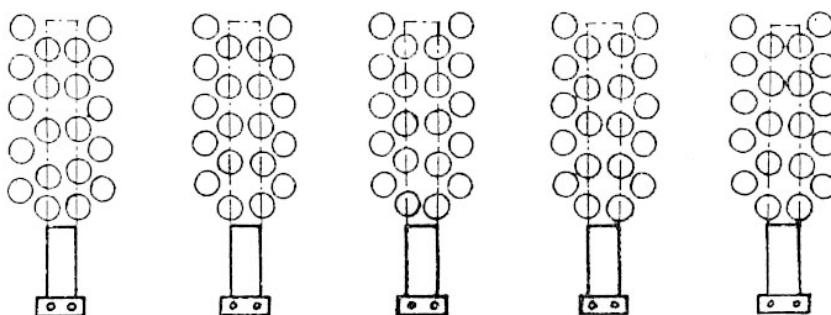
Trhací konvertor  
typ 677



Trhací stroj  
pro krátká vlákna  
typ 770



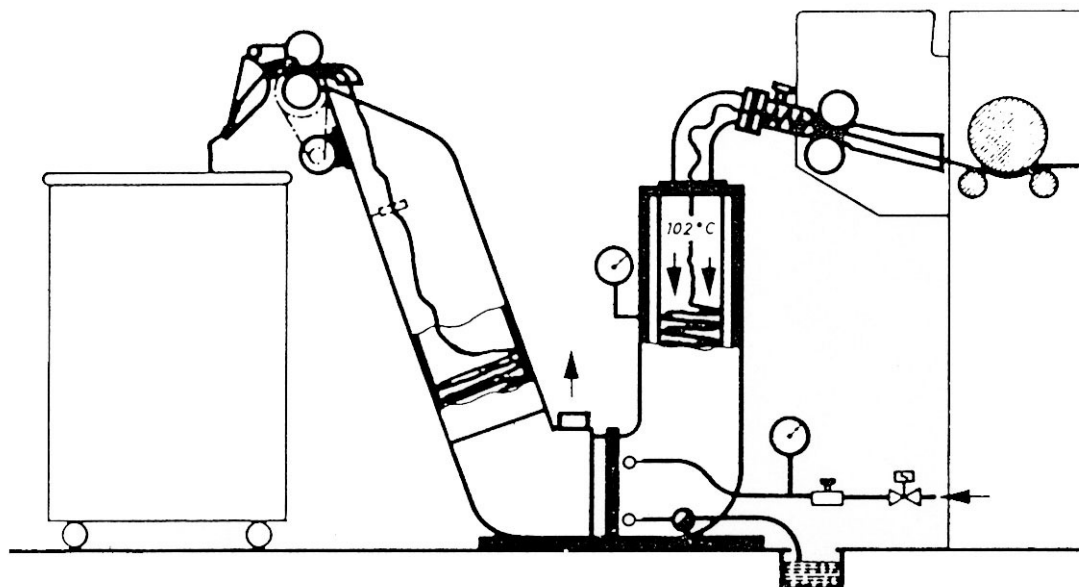
Pařicí stroj



Válcový  
posukovací stroj  
typ 780

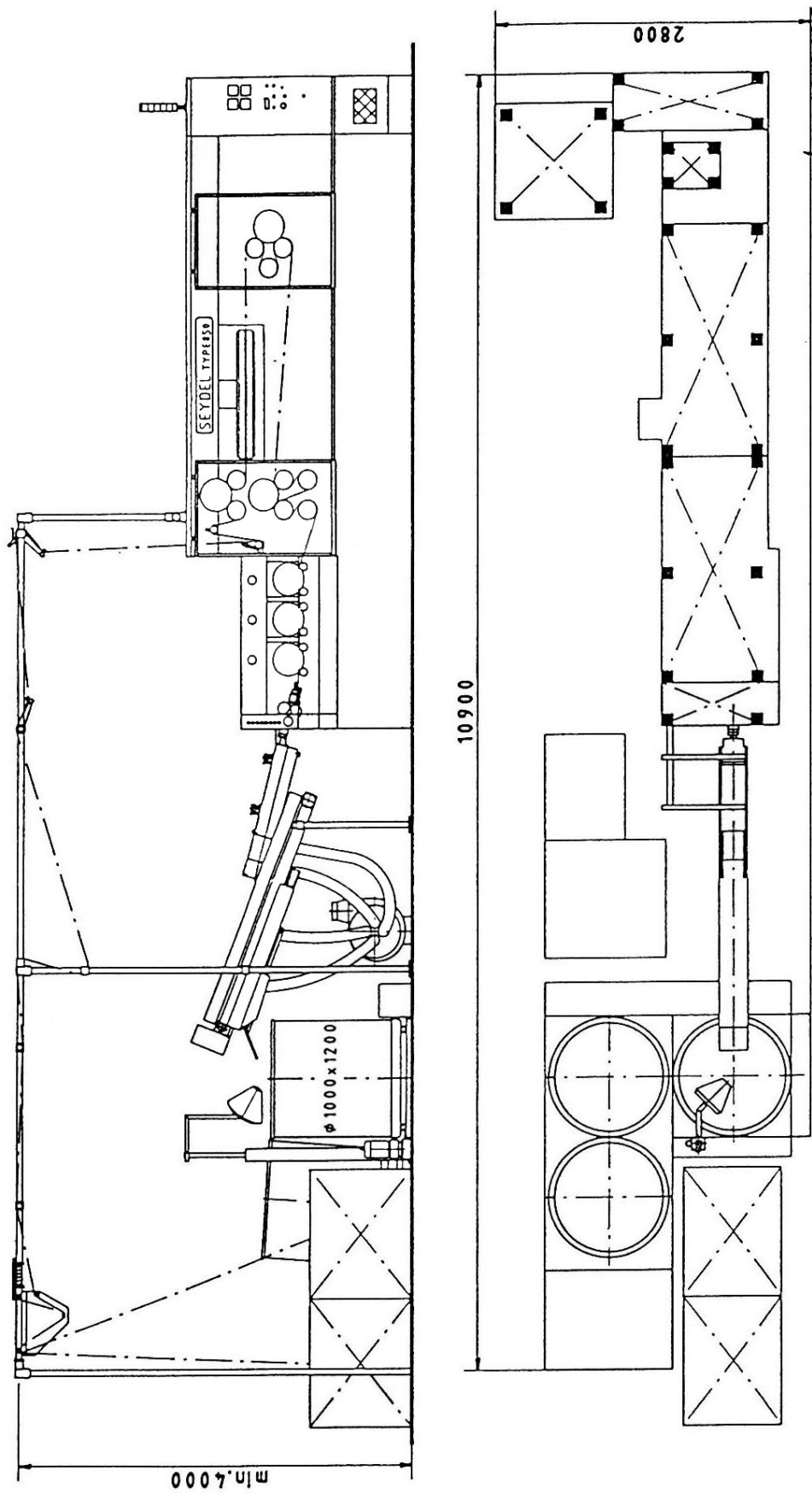
Obr.143 Systém přípravy krátkovlákného pramene

V současnosti se užívají kontinuálně pracující pařáky zařazené bezprostředně za trhací konvertor (obr.144).



Obr.144 Kontinuální pařící systém Seydel pro trhací konvertor

Technologické schéma dalšího trhacího konvertoru z posledního období je uvedeno na obr.145.



Obr.145 Schéma trhačieho konvertoru Seydel, typ 850

## 2.6 PROTAHOVÁNÍ

### 2.6.1 Teorie protahování

Proces protahování zajišťuje v průběhu spřádací technologie především ztenčování předkládaných vlákenných produktů postupně až na požadovanou výslednou jemnost příze. V této souvislosti budeme sledovat proces protahování realizovaný průtahovým ústrojím u strojů posukovacích, předpřádacích a dopřádacích – prstencových a to jak v technologii bavlnářské, tak vlnářské.

Úvodem provedme rozbor procesu protahování ve vztahu k posukovacím strojům. Z tohoto hlediska je možno uvést, že vlákenný materiál, který byl nejprve rozvolněn, čištěn a promíchán, poté byl zpracován na mykacím stroji, se v této fázi nachází ve formě pramene. Podle druhu zpracovávaného vlákenného materiálu a podle druhu použité zpracovatelské technologie je pramen zpracováván v dalších stupních na různých strojích. K těmto strojům patří stroje posukovací, předpřádací a dopřádací. Při zpracování na uvedených strojích dochází k rozdělení vláken na poměrně velké délce. Kromě základního účelu protahování, tj. ztenčování předkládaného vlákenného produktu, dochází při protahování k dalším důležitým procesům:

- vlákna jsou v důsledku průtahu paralelizována a napřimována
- při současně předbíhajícím družení dochází k zajišťování potřebné hmotné stejnoměrnosti a k promíchání vlákenného materiálu
- v důsledku protahování a družení dochází k utváření nové struktury pramene, vhodné pro další zpracování v přízi

Základní veličinou je průtah. Nejjednodušeji můžeme definovat průtah průtahového ústrojí jako poměr rychlosti odvádění ku rychlosti přivádění. Pokud nedochází při protahování ke ztrátám na hmotnosti protahovaného vlákenného produktu (jsou prakticky zanedbatelné), pak je průtah průtahového ústrojí (strojový průtah), resp. protažení vlákenného produktu rovno ztenčení protahovaného produktu.

Toto můžeme vyjádřit následující rovnicí pro průtah:

$$P = \frac{v_{odv}}{v_{priv}} = \frac{l_{odv}}{l_{priv}} = \frac{T_{priv}}{T_{odv}} \quad (113)$$

$P$  ... . průtah

$v_{odv}$  ... rychlost odvádění vlákenného produktu [m/min]

$v_{priv}$  ... rychlost přivádění vlákenného produktu [m/min]  
 $l_{odv}$  ... délka odvedeného vlákenného produktu za čas  $t$  [m]  
 $l_{priv}$  ... délka přivedeného vlákenného produktu za čas  $t$  [m]  
 $T_{priv}$  ... jemnost přiváděného vlákenného produktu [tex]  
 $T_{odv}$  ... jemnost odváděného vlákenného produktu [tex]

Pokud dochází v průtahovém ústrojí k vícenásobnému průtahu, je celkový průtah roven součinu průtahů dílčích, tj.:

$$P_c = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \dots P_n \quad (114)$$

$P_c$  ..... celkový průtah  
 $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  .... průtahy dílčí

Z důvodu zajištění potřebné hmotné stejnoměrnosti provádíme družení. Předkládáme průtahovému ústrojí  $D$  pramenů, každý o jemnosti  $T_2$ , výsledný pramen získaný protažením, průtahem  $P$  a družením  $D$ , má jemnost  $T_1$ . Vzájemný vztah mezi výše uvedenými veličinami je vyjádřen rovnicí:

$$P = \frac{T_2}{T_1} \cdot D \quad (115)$$

$P$  ... průtah  
 $D$  ... družení  
 $T_2$  ... jemnost jednoduchého předkládaného pramene [tex]  
 $T_1$  ... jemnost výsledného pramene [tex]

Probíhá-li družení v několika pasážích posukování, pak celkové družení je součinem družení v jednotlivých pasážích, tj.:

$$D_c = D_1 \cdot D_2 \cdot D_3 \dots D_n \quad (116)$$

$D_c$  ..... celkové družení  
 $D_1, D_2, D_3, \dots, D_n$  ... družení v 1, 2, ... n-té pasáži

K průtahu pramene je potřebná určitá síla. Je-li tato síla poměrně malá, pak prodloužení pramene probíhá pouze v důsledku protažení, resp. napřímení vláken. Vzájemný prokluz vláken v této fázi ještě nenastává, poněvadž součet třecích sil je větší než síla průtažná. Jakmile průtažná síla je větší než součet třecích sil, začínají se vlákna po sobě prokluzovat. Pramen se prodlužuje a současně se zmenšuje jeho příčný průřez. Průtah bez vzájemného posuvu vláken nazýváme průtahem prvního druhu, při existenci vzájemného posuvu jde o průtah druhého druhu.

Z tohoto výkladu je zřejmé, že k získání protaženého produktu s novou strukturou je nezbytný průtah druhého druhu, který budeme dále běžně uvažovat.

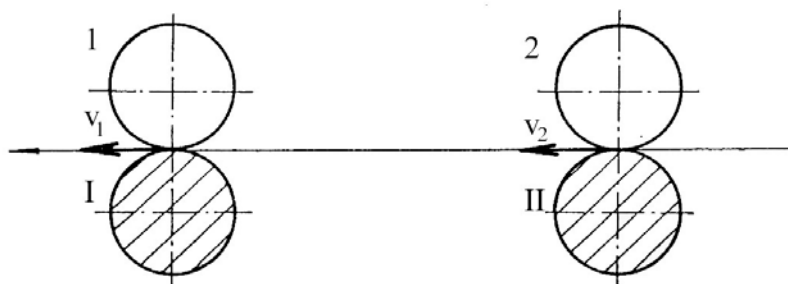
Jak jsme již uvedli, průtah slouží ke zjemnění předkládaných vlákenných produktů a též zvýšení stupně napřímení vláken.

Při protahování se tedy vlákna navzájem vůči sobě pohybují. Jak se musí tato vlákna pohybovat, aby výsledný pramen byl co nejstejněměrnější? Při tzv. ideálním průtahu, kdy vzniká nejmenší nestejněměrnost, se vzdálenost mezi dvěma libovolnými vlákny zvýší tolikrát, kolik činí průtah. Vzdálenost dvou vláken je však třeba jasněji definovat. Jsou-li např. všechna vlákna stejně dlouhá, tak potom tím rozumíme vzdálenost odpovídajících vlákenných bodů (např. předních konců vláken apod.). Vzdálenost různě dlouhých vláken pak je nejvhodnější definovat právě k těmto charakteristickým bodům (konce vláken).

Vlákna v průtahovém poli je možno rozdělit na dvě skupiny. Vlákna, jejichž délka je rovna anebo větší než délka průtahového pole (vzdálenost mezi linií stisku odváděcích a přiváděcích válců příslušné průtahové zóny) se nazývají vlákna kontrolovaná. Pohyb kontrolovaných vláken je dán vždy příslušnou sadou válců, v jehož stisku se kontrolované vlákno nachází. Vlákna, která po opuštění svěrné linie přiváděcích válců nejsou ihned zachycena následujícími odváděcími válci, jsou po určitou dobu nekontrolována, resp. jejich pohyb není kontrolován.

Tato vlákna se nazývají plovoucí a je zřejmé, že jejich délka je menší než délka průtahového pole. Jejich množství je závislé na rozdělení délek vláken přiváděného produktu. Plovoucí vlákna mají velký vliv na prohloubení hmotné nestejněměrnosti, ke kterému dochází při protahování. Proto je zapotřebí, pokud možno, pohyb plovoucích vláken v průtahovém poli kontrolovat přidavnými orgány.

Podívejme se dále podrobněji na pohyb vláken v průtahovém poli nejjednoduššího průtahového ústrojí (obr.146).



Obr.146 Schéma průtahového ústrojí



Existují dvě základní hypotézy [35] pro rychlosti pohybu vláken v průtahovém poli. Podle první hypotézy je rychlost vláken rovna obvodové rychlosti příváděcích nebo odváděcích válců, podle druhé hypotézy může být rychlost vláken v průtahovém poli rovna jakékoliv rychlosti z rozpětí rychlostí příváděcích a odváděcích válců. Při ideálním průtahu se rychlost pohybu vláken mění teprve tehdy, když přední konce těchto vláken dosáhnou svěru následujících odváděcích válců. Toto je při předpokládané dostatečné orientaci vláken a stisku válců případ, který nastává u vláken, jež mají délku stejnou nebo větší než je délka průtahového pole (kontrolovaná vlákna). Jak již bylo uvedeno, vlákna, která jsou kratší než je délka průtahového pole mají nekontrolovatelný pohyb. U moderních průtahových ústrojí, s ohledem na přídatná zařízení ke kontrole pohybu vláken je poměrně malý podíl tzv. plovoucích vláken.

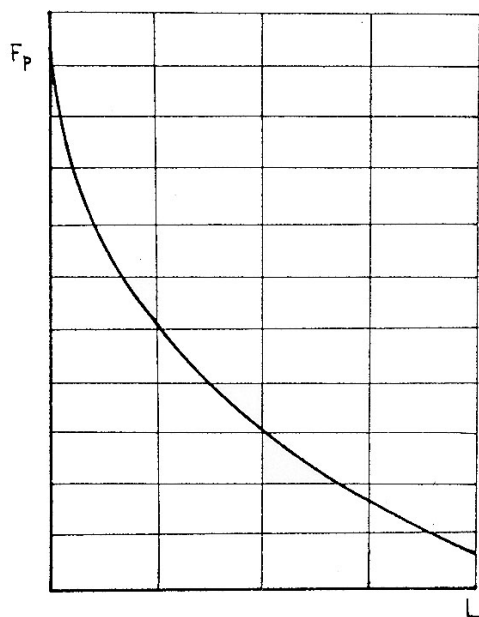
Otázka pohybu vláken byla předmětem výzkumných prací. Uvedme nyní některé poznatky tohoto výzkumu [35].

Bylo zjištěno, že značný význam má proces uvolňování vláken v procesu protahování. Pomocí tzv. koeficientu oddělování vláken  $\varphi$ , který je mírou pro střední počet vláken, které se společně jako skupina pohybují, byl sledován tento proces. V každém dalším průtahovém stupni byla zjištěna snížená hodnota koeficientu  $\varphi$  a z toho tedy plyne, že proces protahování má ještě navíc ojednocovací účinek.

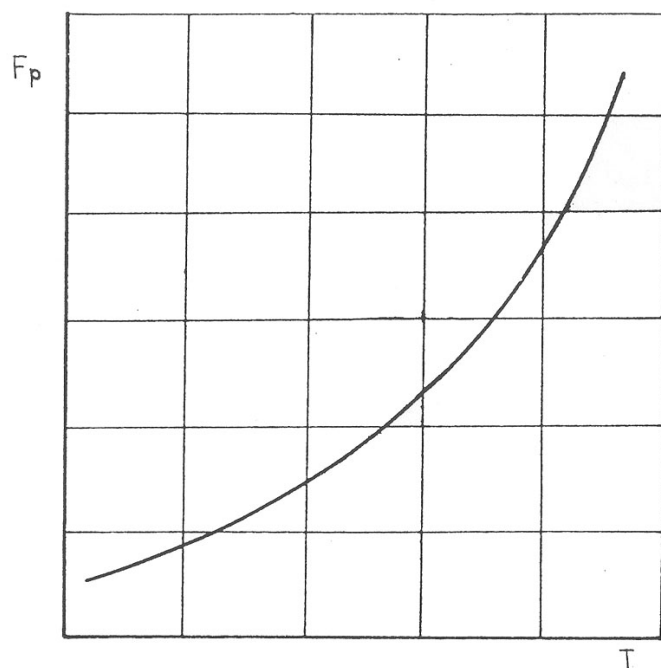
Dalším důležitým problémem vedle pohybu vláken je otázka průtahové síly. Velikost průtahové síly je ovlivněna různými faktory. Jedná se např. o druh vlákenného materiálu, rozdělení délek vláken, stupeň promíchání vlákenného materiálu, hmotnou nestejnomyšlnost vlákenného produktu, míru orientace vláken, úroveň mezivlákenného tření, maštění, aviváž, velikost průtahu, odváděcí rychlost, délku průtahového pole, přítlak válců, družení. Další vlivné faktory jsou např. koncepce průtahového systému, uložení vrchních a spodních válců, rýhování spodních válců, přesnost provedení.

Dynamické měření průtahové síly se provádí kontinuálně během průchodu vlákenného produktu průtahovým ústrojím. Pro praxi jsou velmi zajímavé závislosti průtahové síly na velikosti průtahu, dále na délce průtahového pole a na jemnosti pramene. Charakter uvedených závislostí vyplývá z diagramů na obr.147,148,149.

Jak vyplývá z digramu na obr.147,148 průtahová síla klesá s délkou průtahového pole a roste se zvyšující se hodnotou  $T$  [tex].

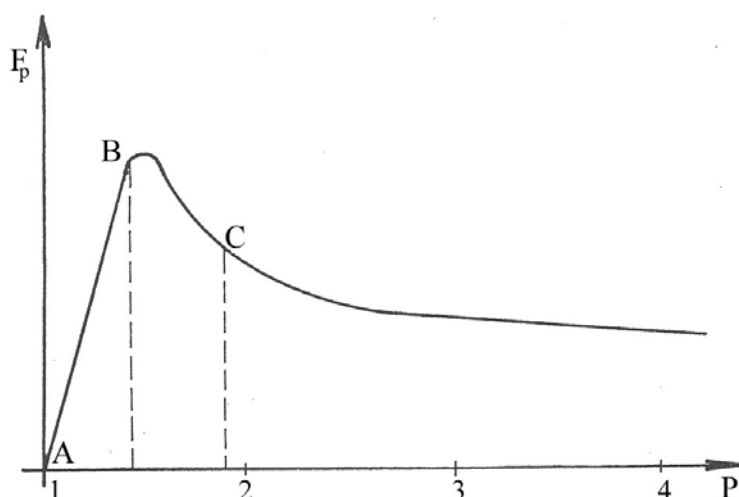


Obr.147 Průtahová síla ( $F_p$ ) při průtahu pramene v závislosti na délce průtahového pole ( $L$ ) [35]



Obr.148 Průtahová síla ( $F_p$ ) v závislosti na jemnosti – délkové hmotnosti pramene ( $T$ ) [35]

Závislost průtahové síly na průtahu je poněkud složitější (obr.149).



Obr.149 Průtahová síla ( $F_p$ ) v závislosti na průtahu  $P$

Při malém průtahu odtahují odtahovací válce více vláken najednou než při vyšším průtahu, takže při nižších průtažích jsou potřebné vyšší průtahové síly. Průběh závislosti průtahové síly lze rozdělit zhruba do tří zón. Úsek AB, příslušný rozsahu velmi malých průtahů, představuje prakticky přímou úměrnost mezi průtahovou silou a průtahem. Lze předpokládat, že se jedná prakticky o průtahy prvního druhu.

Další zóna BC má charakter přechodové zóny, kde hrají svoji roli náhodné vlivy. Zóna začínající přibližně od bodu C má charakter, který odpovídá klesající soudržnosti zjemňovaného vlákenného produktu s postupně vyšším a vyšším průtahem.

Proces protahování probíhá příznivě při splnění následujících požadavků:

- vlákna jsou přiváděna k místu stisku odváděcích válců rychlostí přiváděcích válců
- přechod na rychlost odváděcího ústrojí (průtah) se u přiváděných vláken uskutečňuje teprve tehdy, když přední konce vláken dospěly do zóny působení odtahovacích válců

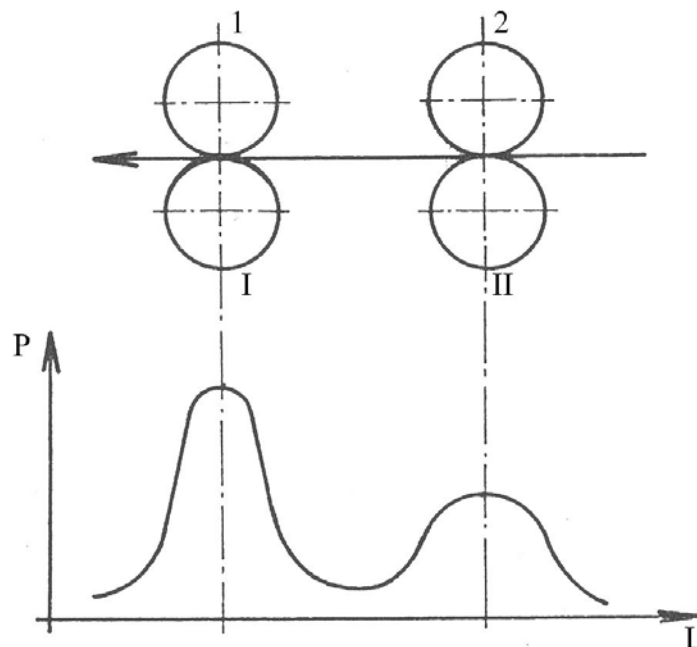
Tyto podmínky nejsou u všech současných průtahových ústrojí plně zajištěny. Vedení vláken mezi místy stisku přiváděcích a odváděcích válců se realizuje pomocí pole třecích sil.

U válcového páru je největší zatížení vlákenného produktu v místě největšího přiblížení obou válců (obr.150). V tomto místě je tím samozřejmě i největší zhuštění vlákenného produktu. Na obě strany od tohoto největšího stisku zhuštění klesá a klesá i tzv.napětí pole třecích sil, tj. třecí síla vztažená na 1mm délky vlákna. Napětí pole třecích sil v oblasti mezi stisky odváděcích a přiváděcích válců je relativně nízké (obr.150).

Vzhledem k tomu se v průtahovém poli snažíme zvýšit úroveň pole třecích sil přidavnými zařízeními pro vedení vláken.

Pole třecích sil je závislé na:

- přítlaku válců
- průměru válců
- druhu vlákenného materiálu
- mezivlákně soudržnosti
- délce průtahového pole
- velikosti průtahu
- délkové hmotnosti pramenů

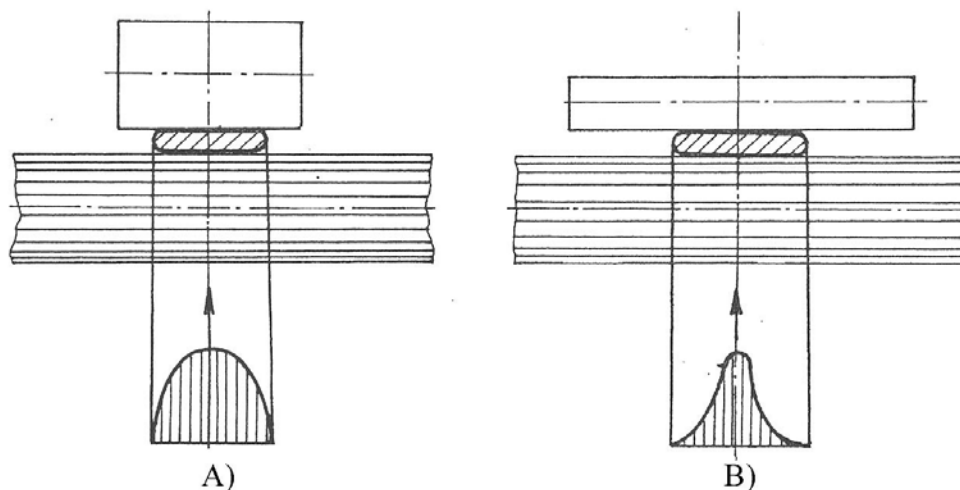


Obr.150 Průběh pole třecích sil v podélném směru

P... třecí síly vztažené na jednotkovou délku vlákna [N/mm]

L ...délkový rozměr v podélném směru [mm]

Kromě pole třecích sil v podélném směru rozlišujeme ještě pole třecích sil v příčném směru. V tomto případě hraje důležitou roli povrch přítlačného válečku (elastický, kovový, samotížný váleček). Míra elasticity povrchu vrchního válečku ovlivňuje rozložení přítlaku na vlákenném produktu. Čím je větší elasticita povrchu přítlačného válečku, tím rovnoměrnější je rozložení přítlaku na vlákenném produktu a tedy je i rovnoměrnější průběh pole třecích sil v příčném směru (obr.151).



Obr.151 Pole třecích sil v příčném směru  
 A) přítlačný válec s elastickým povrchem  
 B) kovový samotížný válec

Pomocí pole třecích sil v podélném směru můžeme posoudit, jakou rychlostí (příváděcích nebo odváděcích válců) se pohybuje vlákno, jehož konce zasahují do zóny třecích sil příváděcích a odváděcích válců. Příslušnými plochami pod křivkou napětí pole třecích sil můžeme znázornit velikost působících třecích sil na přední a zadní konec vlákna.

Vlákno se bude pohybovat rychlostí příváděcích, resp. odváděcích válců podle toho, který stisk (třecí síla) je větší.

Další zákonitosti procesu protahování budou uváděny přímo ve vztahu k bavlnářskému nebo vlnářskému průtahovému ústrojí.

V průběhu výkladu jsme se dotkli složité otázky pohybu vláken v průtahovém poli a tím i otázky utváření struktury výsledného produktu. Nyní se budeme tímto problémem zabývat poněkud podrobněji prostřednictvím otázky přenosové funkce systému protahování [60].

### Matematické modelování systému protahování

Úvodem zdůrazněme, že matematické modelování systému protahování je použito k výzkumu hmotné nestejnomyšlosti výsledného produktu. Toto platí i v daném případě, kdy sledujeme otázku modulu přenosové funkce uvedeného systému.

Znalost modulu přenosové funkce umožní při současné znalosti parametrů předlohy určit parametry výsledného produktu.

Pro určení dynamických charakteristik existují různé metody. Podobně jako při modelování jiných systémů, předpokládáme daný systém jako stacionární, lineární,

dynamický systém. Uvažujeme tedy náhodné funkce na vstupu a výstupu stacionární. Jde o funkce, které vyjadřují průběh hmotnosti krátkých délkových úseků příslušných vláknenných produktů v závislosti na délce tohoto produktu.

Odvození hlavních charakteristických funkcí je provedeno v dodatku. Jedná se o přenosovou funkci a zejména o modul poměrné přenosové funkce průtahového systému.

$$F(s) = \frac{1 - e^{-\frac{s \cdot l}{v_2}} \cdot e^{-\frac{s \cdot L}{v_1}}}{1 - e^{-\frac{s \cdot l}{v_1}}} \quad (117)$$

$F(s)$  ..... přenosová funkce lineárního dynamického systému (průtahového systému)  
 $v_1, v_2$  ... obvodová rychlost přiváděcích, event. odváděcích válců průtahového ústrojí  
 $l$  ..... délka vláken  
 $L$  ..... délka průtahového pole – vzdálenost mezi svěrem odváděcích a přiváděcích válců

Vlastní postup je založen na sledování postupu vláken v charakteristických bodech průtahového pole. Rychlostní pole je uvažováno závislé pouze na poloze  $x$ . Úplný postup odvození modulu poměrné přenosové funkce je uveden v dodatku.

Praktickou aplikaci odvozeného vztahu pro výpočet modulu poměrné přenosové funkce uvedeme na příkladu průtahového ústrojí prstencového dopřádacího stroje.

Teoretický průběh modulu poměrné přenosové funkce je podle odvození uvedeného v dodatku určen vztahem:

$$|F^*(\lambda)| = \left| P \cdot \frac{\sin \pi \frac{l}{\lambda}}{\sin \pi \frac{l}{\lambda} \cdot P} \right| \quad (118)$$

$|F^*(\lambda)|$  ... modul poměrné přenosové funkce průtahového systému jako funkce  $\lambda$   
 $P$  ..... průtah  
 $l$  ..... délka vlákna [m]  
 $\lambda$  ..... vlnová délka harmonické složky hmotné nestejnomyšlosti [m]

Průběh modulu poměrné přenosové funkce průtahového ústrojí, pracujícího na principu ideálního průtahu s průtahem  $P=20$  a pro jednotkovou délku vláken  $l=0,03\text{m}$  bude uveden graficky (obr.152).

Obdobnou charakteristiku reálného průtahového ústrojí uvedeme na příkladu průtahového ústrojí prstencového dopřádacího stroje. Odlišnost v porovnání s teoretickým případem spočívá především v odlišnosti reálného a ideálního průtahu, byť se jedná o

třívalečkové, dvouřemínkové průtahové ústrojí, a zejména v určitém reálném rozptylu délek vláken. Přesto, jak je zřejmé z průběhu obou křivek, tj. křivky teoretické a experimentální (obr.152, 153), existují určité společné znaky.

Nejprve však uvedeme příslušný experimentální postup. Je založen na obecném vztahu vyjadřujícím úměrnost součtu čtverců poměrných amplitud harmonických složek hmotné nestejnomyšnosti a čtverce kvadratické nestejnomyšnosti vláknenného produktu [57].

V případě, že sledujeme pouze produkt na vstupu (index 1) a na výstupu (index 2) lze odvodit:

$$\sum_{i=1}^{n_k} A_{1i}^2 = K.CV_{ef1}^2 \quad (119)$$

$$\sum_{i=1}^{n_k} A_{2i}^2 = K.CV_{ef2}^2 \quad (120)$$

Reálné amplitudy vyjádříme:

$$A_{1i} = x_1.A_{M1i} \quad (121)$$

$$A_{2i} = x_2.A_{M2i} \quad (122)$$

$A_{1i}, A_{2i}$  ..... poměrná amplituda harmonické složky hmotné nestejnomyšnosti reálného vláknenného útvaru na vstupu, resp.výstupu o vlnové délce odpovídající i-tému kanálu [%]

$A_{M1i}, A_{M2i}$  ..... amplituda harmonické složky hmotné nestejnomyšnosti reálného vláknenného útvaru na vstupu, resp. výstupu o vlnové délce odpovídající i-tému kanálu, odměřená přímo ze spektrogramu [mm]

$CV_{ef2}, CV_{ef1}$  ..... efektivní kvadratická nestejnomyšnost vláknenného útvaru na výstupu, resp. vstupu [%]

$x_1, x_2$  ..... měřítko pro přepočtení odměřené amplitudy na skutečnou amplitudu ( na vstupu, resp. na výstupu) [%/mm]

Po dosazení (121), (122) do (119), (120):

$$\sum_{i=1}^{n_k} (x_1.A_{M1i})^2 = K.CV_{ef1}^2$$

$$\sum_{i=1}^{n_k} (x_2.A_{M2i})^2 = K.CV_{ef2}^2$$

obdržíme výrazy pro měřítka:

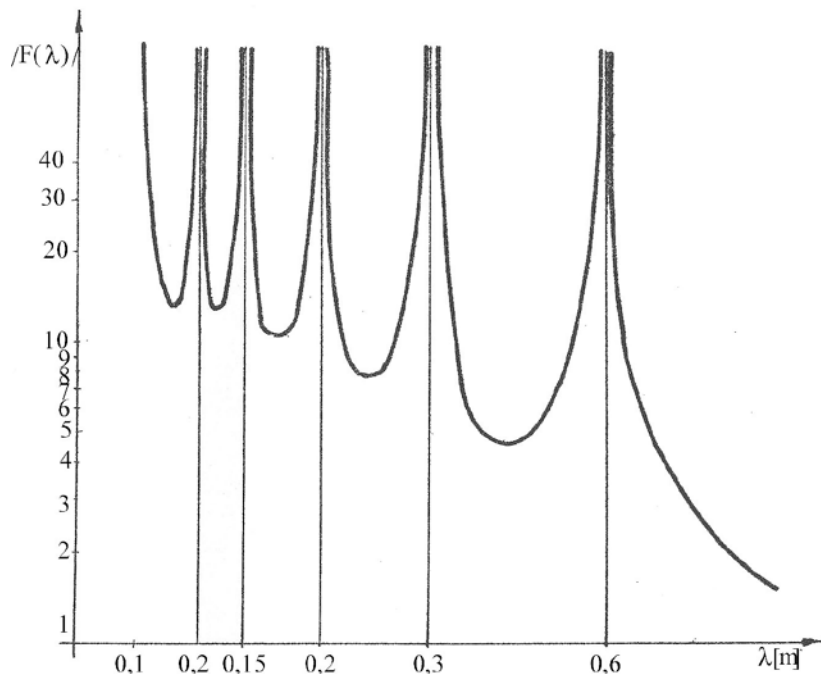
$$x_1 = \sqrt{K} \frac{CV_{ef1}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_k} A_{M1i}^2}} \quad x_2 = \sqrt{K} \frac{CV_{ef2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n_k} A_{M2i}^2}}$$

Poměr amplitud  $|F_i|$ :

$$|F_i| = \frac{x_2 \cdot A_{M2i}}{x_1 \cdot A_{M1i}}$$

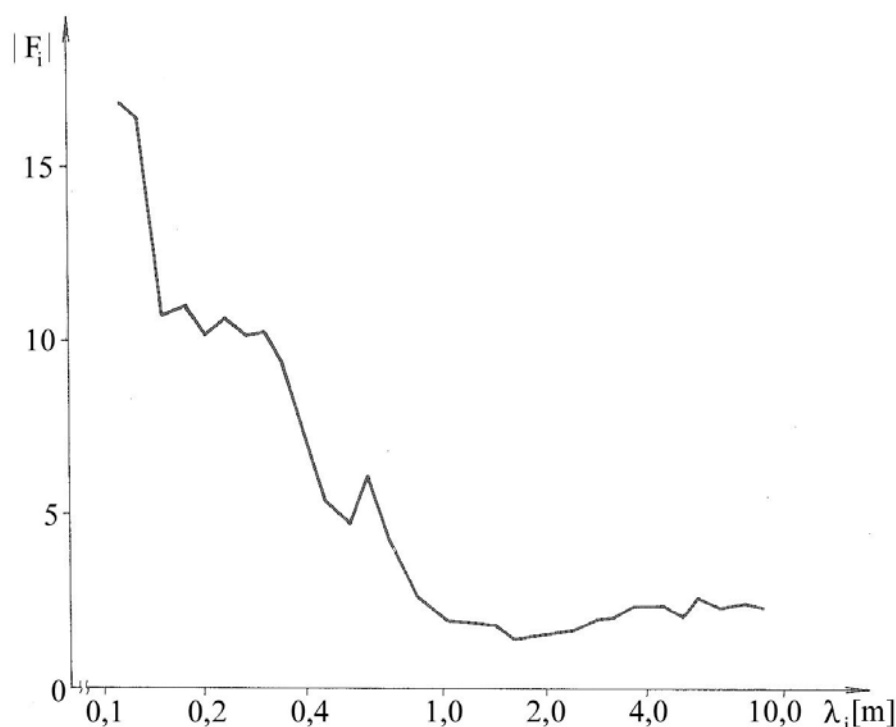
$$|F_i| = \frac{A_{M2i}}{A_{M1i}} \cdot \frac{CV_{ef2}}{CV_{ef1}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_k} A_{M1i}^2}{\sum_{i=1}^{n_k} A_{M2i}^2}} \quad (123)$$

Průběh poměru  $|F_i|$  odpovídajících si amplitud harmonických složek hmotné nestejnomyšlnosti příze a přástu v závislosti na vlnové délce harmonických složek příze  $\lambda$  při použití průtahu P=21,2 na dvouřemínkovém tříválečkovém průtahovém ústrojí prstencového dopřádacího stroje FB-70 je uveden na obr.153.



Obr.152 Průběh modulu poměrné přenosové funkce průtahového ústrojí pracujícího na principu ideálního průtahu (P=20)





Obr.153 Průběh poměru  $|F_i|$  odpovídajících si amplitud harmonických složek hmotné nestejnomyšlosti přize a přástu v závislosti na vlnové délce harmonických složek hmotné nestejnomyšlosti při průtahu  $P=21,2$  na dvouřemínkové tříválečkovém průtahovém ústrojí prstencového dopřádacího stroje FB-70

Porovnáním průběhů závislostí v diagramech na obr.152,153 je možno konstatovat některé analogické tendence u reálného průtahového ústrojí a matematického modelu procesu protahování průtahovým ústrojím

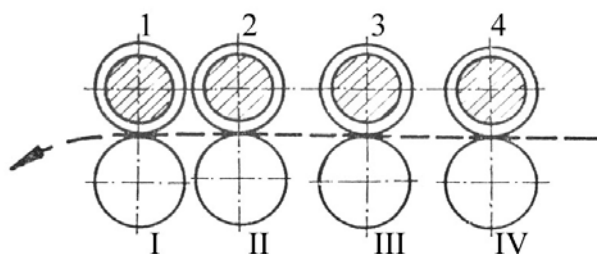
Jde především o pokles hodnot modulu přenosové funkce s rostoucí vlnovou délkou. Modul se blíží jedné s rostoucí vlnovou délkou. U reálného průběhu, který je v podstatě nespojitý, se pochopitelně nemohou projevit uvedené kritické hodnoty, které jsou patrné z teoretického průběhu. Lze spíše konstatovat, že charakter průběhu funkce u reálného procesu je podobný obávkové funkci teoretického průběhu. Rostoucí průtah znamená i vzestup křivky modulu, tj. zvýšené prohlubování hmotné nestejnomyšlosti výsledného vlákenného produktu.

## **2.6.2 Bavlnářská průtahová ústrojí**

Průtahová ústrojí používaná v příslušných stupních bavlnářské technologie lze charakterizovat jako válečková průtahová ústrojí a řemínková průtahová ústrojí.

### Průtahová ústrojí posukovacích strojů

Dříve byla u posukovacích strojů téměř výlučně používána čtyřválcová průtahová ústrojí (tj. průtahová ústrojí 4/4). Průtahové ústrojí bylo tedy tvořeno čtyřmi spodními ocelovými a čtyřmi horními přítlačnými válečky s pružným povlakem ze syntetické hmoty (obr.154).



Obr.154 Čtyřválečkové průtahové ústrojí

Délka průtahového pole ve směru postupu vláknenného materiálu se zmenšuje. V tomto průtahovém ústrojí se používal stupňovitý průtah (díleční průtahy se postupně zvyšovaly).

V současné době se používají průtahová ústrojí odlišné koncepce. Bylo zjištěno, že volíme-li ve středním poli pouze napínací průtah, dosahuje se lepší výsledná hmotná stejnoměrnost. Ve střední průtahové zóně bylo možno přejít na průtahové ústrojí 3/4, kde druhý a třetí horní válec byl nahrazen jedním horním válcem. Kromě uvedených průtahových ústrojí 3/4 se používá i dalších průtahových ústrojí jako např. 4/5, 5/3 apod. Uvedená moderní průtahová ústrojí jsou používána na rychloposukovacích strojích.

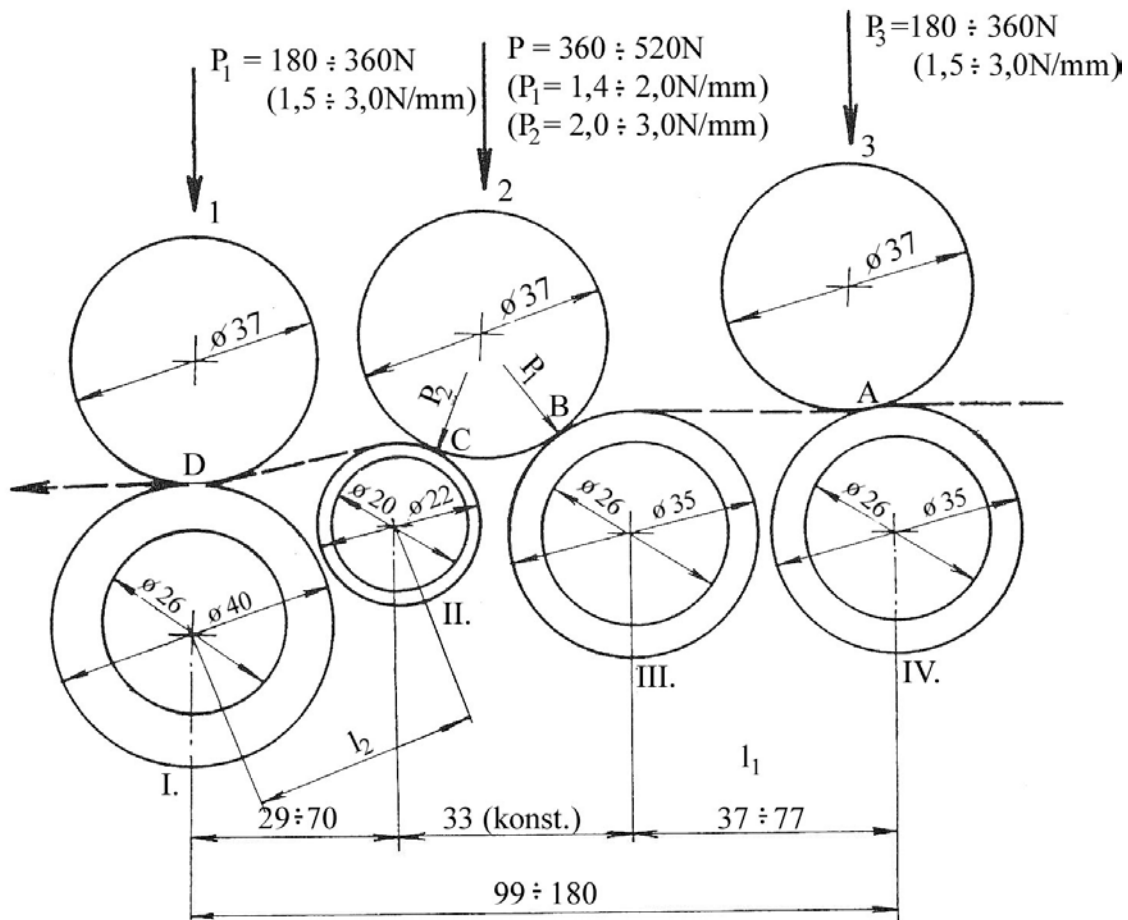
Uvedené průtahové ústrojí 3/4 bylo použito i na rychloposukovacích strojích RP 600, RP 300, resp. Novpos 1, Novpos 2 (obr.155), které dále uvedeme jako příklad provedení bavlnářských průtahových ústrojí.

Uvedené stroje jsou vybaveny válečkovým průtahovým ústrojím systému 3/4. Celkový průtah je seřiditelný v rozpětí 5 –10. Vlastní průtahové ústrojí se skládá ze 4 spodních ocelových rýhovaných válců, na něž jsou přítlačovány tři válečky opatřené potahy ze syntetické pryže.

Přítlaky na válečky jsou vyvozeny spirálovými pružinami. Přítlačnou sílu, jakož i délku obou průtahových polí je možno seřizovat.

Inovací strojů Novpos 1, Novpos 2 byly stroje Novpos 1 KDV a Novpos 2 KDV, které se vyznačují především novým průtahovým ústrojím. Jedná se o průtahové ústrojí typu 3/3 s přítlačnou tyčí (obr.156).

Uveďme další příklad průtahového ústrojí 3/3 s přítlačnou tyčí, která zajišťuje lepší vedení především krátkých vláken. (obr.157).

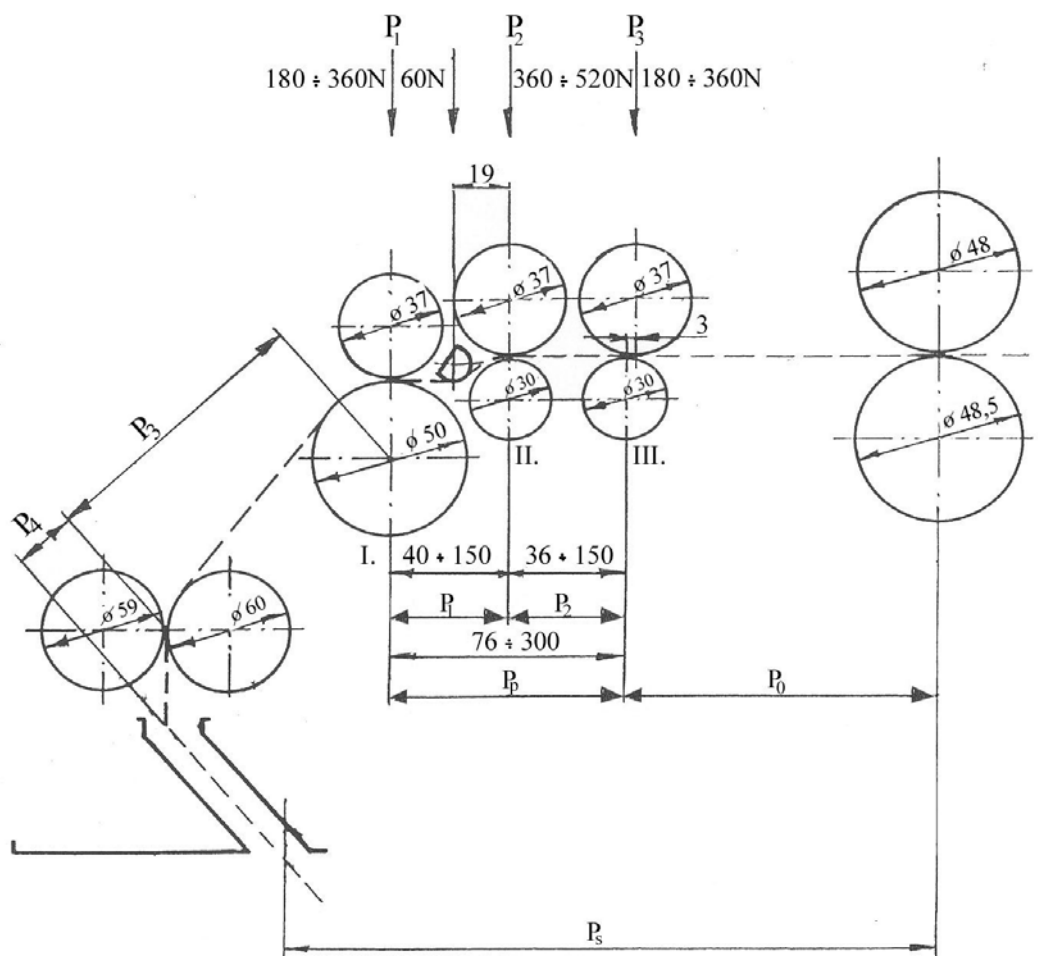


Obr.155 Schéma průtahového ústrojí Novpos

Uvedeme nyní některé podrobnosti v souvislosti s průtahovými ústrojími všeobecně.

#### Válce průtahového ústrojí

Válce průtahového ústrojí dělíme na horní a spodní. Spodní válce jsou ocelové rýhované, aby byl zajištěn pokud možno bezprokluzový přenos obvodové rychlosti na vláknový materiál. Horní, přítlačné válce mají povlak ze syntetické pryže. Průměry válců jsou voleny tak veliké, aby byl snížen sklon k tvorbě návínu. Na druhé straně při volbě průměru válců je třeba přihlídnout k potřebným délkám průtahového pole. Např. při použití přítlačné tyče u průtahového ústrojí podle obr.156,157 je zajištěno v hlavním průtahovém poli dobré vedení vláken i při poměrně dlouhém průtahovém poli a zároveň je možno volit relativně velký průměr válce. U průtahového ústrojí na obr.157 je průměr spodního výstupního válce 60mm. Větší průměry válců u průtahových ústrojí s vysokou výstupní rychlostí jsou výhodné i z toho důvodu, že vyšší odváděcí rychlosti je možno docílit při poměrně nízkých otáčkách.

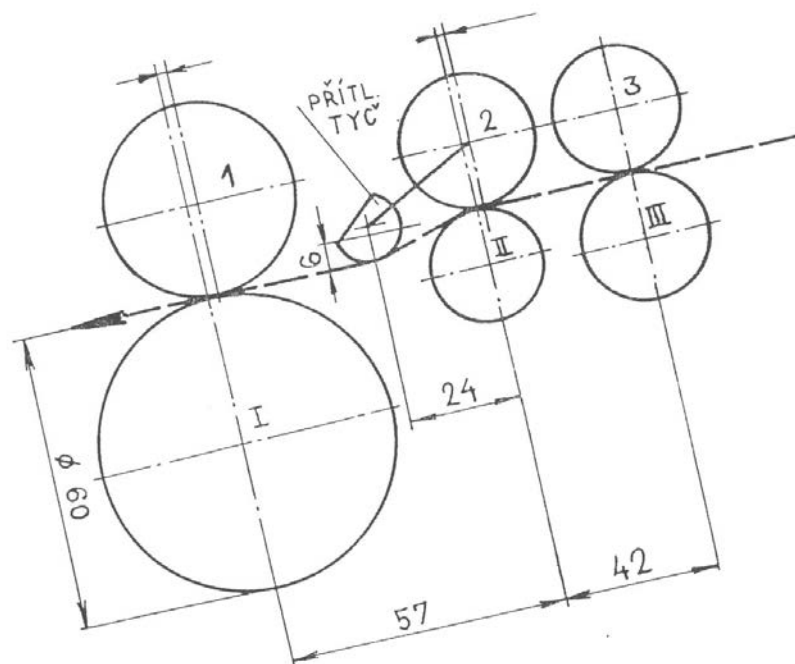


Obr.156 Schéma průtahového ústrojí Novpos KDV

### Přítlak válců

Na průtahových ústrojích moderních posukovacích strojů se používá např. pružinového přítlaku horních přítlačných válců.

Velikost přítlaku se řídí odporem proti průtahu (třecím odporem) u vláknenného materiálu. Přítlak je tedy závislý na délce a povrchových vlastnostech vláken, na úpravě (aviváži) chemických vláken, na protahovaném množství vláknenného materiálu (délk. hmotnost pramene) a na velikosti průtahu. Přitom musí být přítlak tak velký, aby všechna vlákna byla bezpečně sevřena a přejímala příslušnou obvodovou rychlost. Obvykle volíme měrnou přítlačnou sílu od 1,1 – 2 N/mm, popř. až 4 N/mm (vztaženo na 1 mm délky svěrné linie).



Obr.157 Průtahové ústrojí 3/3 s přitlačnou tyčí

Délka průtahového pole má být nastavena tak, že:

- nejdelší vlákna nejsou současně ve svěru sousedních párů válců
- je poměrně malé množství tzv. plovoucích vláken

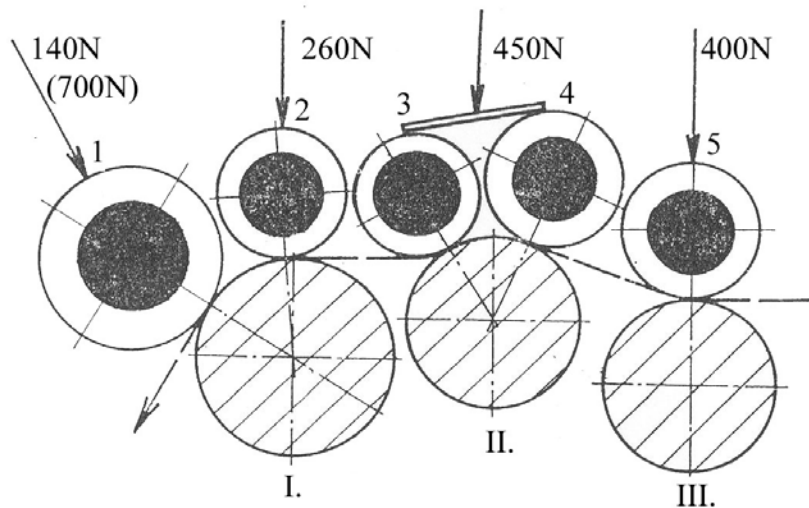
Je zřejmé, že z těchto vzájemně protikladných požadavků musí být nalezeno optimum. S přibývajícím orientací vláken v průběhu procesu protahování mohou být nastavovány délky průtahových polí postupně kratší, neboť vlákna jsou v důsledku předchozích protahovacích procesů méně vzájemně propojena a s přibývajícím jemností dochází k zúžení pole třecích sil v oblasti svěru páru protahovacích válců.

V souvislosti s problematikou rychloposukovacích strojů uveďme ještě příklad průtahového ústrojí rychloposukovacího stroje fy Zinser typ 720/1 a 720/2.

Podstatným znakem průtahového ústrojí je jeho koncepce 5/3 (obr.158).

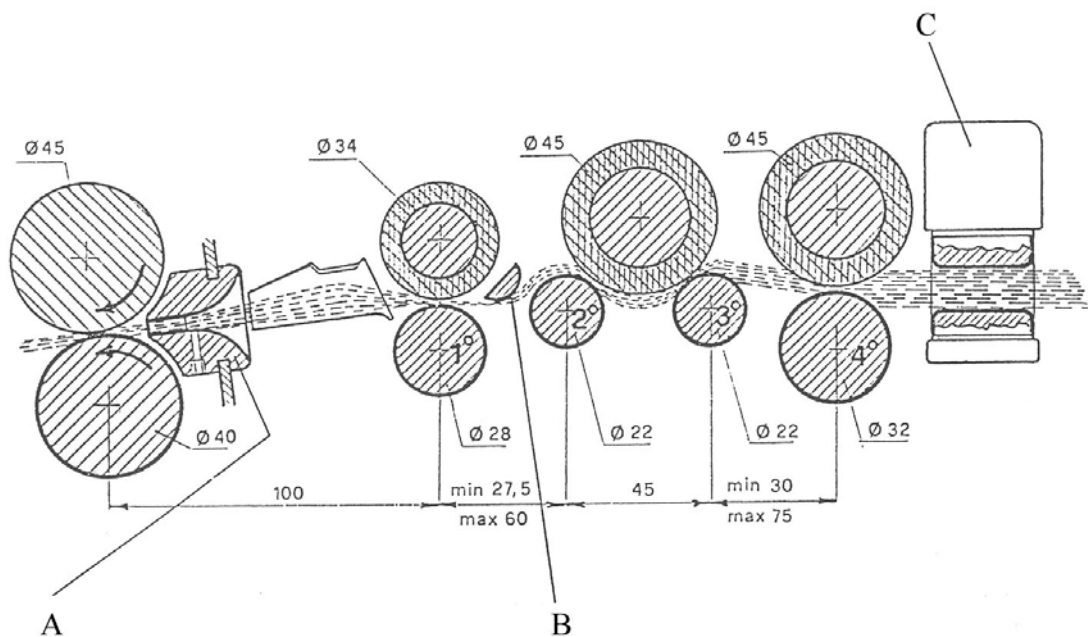
V důsledku uvedené koncepce průtahového ústrojí mohou zde být zpracována vlákna z poměrně širokého délkového rozsahu (25-80mm).

Současné bavlnářské posukovací stroje dosahují odváděcích rychlostí 800-1000m/min a jsou vybaveny automatickou výměnou konví, řadou kontrolních prvků a zarážek, popř. automatickým vyrovnávačem nestejnomyšlosti.



Obr.158 Průtahové ústrojí 5/3 (rychluposukovací stroj fy Zinser, typ 720/1, 720/2)

Průtahové ústrojí dalšího rychluposukovacího stroje je uvedeno na obr.159.



Obr.159 Průtahové ústrojí rychluposukovacího stroje fy Marzoli, typ VS4A-ADCE2 se snímači hmotnosti pramene A,C automatického vyrovnávacího systému

A ... aktivní pneumatický měřící orgán

B ... kontrolní tyč

C ... kapacitní měřící orgán

### Průtahová ústrojí křídlových a prstencových dopřádacích strojů

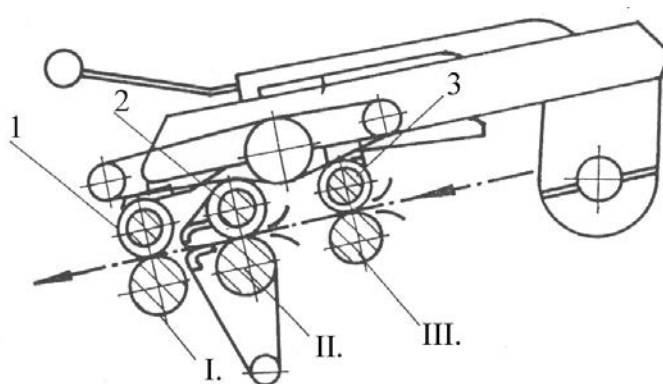
Dvouřemínkové průtahové ústrojí bylo původně zavedeno z důvodu možnosti dosažení vyššího průtahu na křídlovém předpřádacím stroji. Poněvadž pro prstencové dopřádací stroje

byla vyvinuta nová průtahová ústrojí s poměrně vysokým průtahem, je možno na křídlovém předpřádacím stroji vyrábět hrubší přást, tj. volit nižší průtah.

Dvouřemínekové průtahové ústrojí na křídlovém předpřádacím stroji má své opodstatnění ve své dokonalejší kontrole pohybu vláken, čímž vznikají předpoklady pro lepší výslednou hmotnou stejnoměrnost přástu.

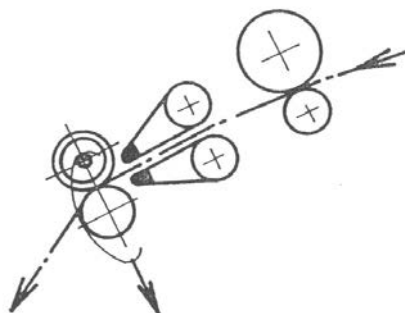
Zdokonalení průtahového ústrojí křídlového předpřádacího stroje způsobilo, že bylo možno snížit počet pasáží z dřívějších 3 nebo více pasáží.

Schéma principu nejpoužívanějšího tříválcového dvouřemínekového průtahového ústrojí je na obr.160.



Obr.160 Schéma tříválcového dvouřemínekového průtahového ústrojí

Rovněž u bavlnářských dopřádacích strojů doznalo velkého rozšíření průtahové ústrojí tříválcové, dvouřemínekové. Dříve než rozebereme tato ústrojí v souvislosti s jeho uplatněním na dopřádacím stroji, uveďme ještě dříve používané dvouřemínekové (Casablanca) průtahové ústrojí (obr.161).

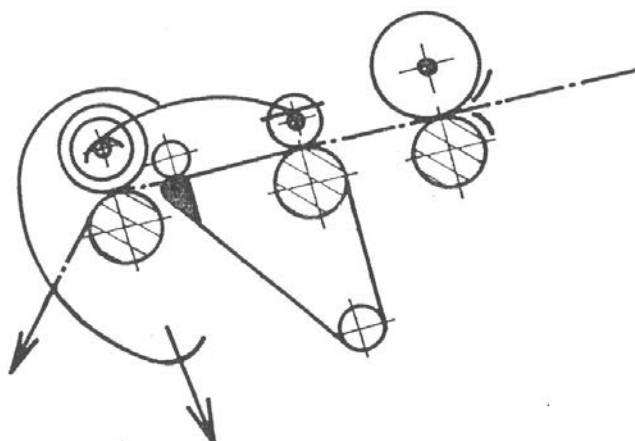


Obr.161 Průtahové ústrojí Casablanca

Toto průtahové ústrojí používalo dvou poměrně krátkých řemínek, které obepínají prostřední pár válečků. Řemínky jsou dále vedeny kolem vratné vidlice. Takto vedené řemínky zajišťují vedení vláken do blízkosti svěru odváděcích válců. Pohyb řemínek je vyvolán spodním válečkem. Velikost předprůtahu bývá 1,25 – 1,35. Celkový průtah může být podle druhu bavlny 15-20.

#### Průtahové ústrojí Le-Blan-Roth (obr.162)

Toto dříve používané ústrojí má vodící zařízení, pozůstávající ze spodního řemínku a horní váleček je přitlačný a samotížný. Předprůtah se volí 1,15 – 1,35, celkový průtah 16-20. Opět platí zásada, aby vodící ústrojí přivedlo vlákna do blízkosti svěrné linie odváděcích válců, čímž je zajištěna kontrola pohybu vláken v průtahovém poli a vlastní průtah nezpůsobí přílišnou nestejnou nestejnoměrnost.

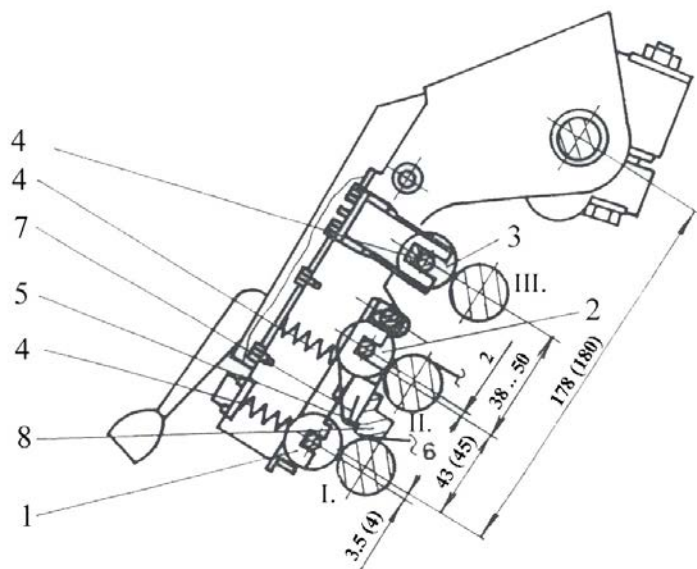


Obr.162 Průtahové ústrojí Le-Blan-Roth (LBR)

V současnosti naprosto převažuje tříválečkové dvouřemínekové ústrojí s nestejnou délkou řemínek. Tříválečkové dvouřemínekové průtahové ústrojí ( s krátkým a dlouhým řemínkem) uvedeme na příkladu průtahového ústrojí bavlnářského prstencového dopřádacího stroje (obr.163).Rýhované přiváděcí a odváděcí válce (III,I), jakož i prostřední válce (II) jsou valivě uloženy. Horní válce a klece k vedení horních řemíneků jsou uloženy po dvojicích v přitlačném ramenu.

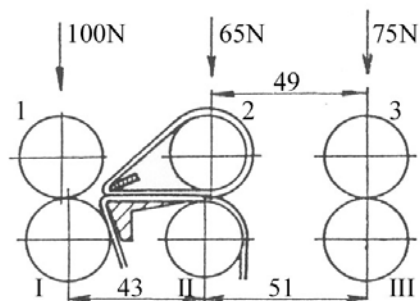
Na závěr této pasáže uvedme ještě schémata tříválečkových dvouřemínekových průtahových ústrojí s přitlačným ramenem (obr.164,165).



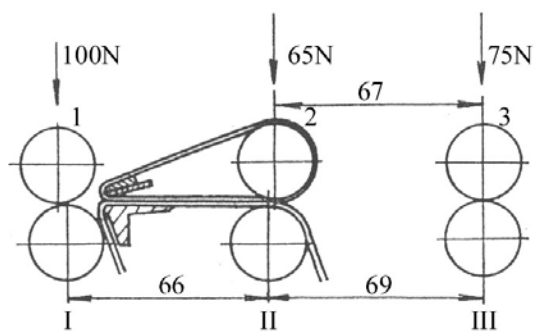


Obr.163 Průtahové ústrojí bavlnářského prstencového dopřádacího stroje

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1, 2, 3 ....horní válce   | 6 ...spodní řemínek       |
| I, II, III...spodní válce | 7 ...vodící vratná hrana  |
| 4 ..... přitlačné pružiny | řemínekové klec           |
| 5 ..... horní řemínek     | 8 ... vodící vratná lišta |



Obr.164 Tříválcové dvouřemínekové průtahové ústrojí pro bavlnu a pro chemická vlákna délky do 40mm (sklon průtahového pole do 45°)



Obr.165 Tříválcové dvouřemínekové průtahové ústrojí pro chemická vlákna do délky 60 mm (sklon 45°)

### **2.6.3 Průtahová ústrojí pro vlnářské vlákenné produkty**

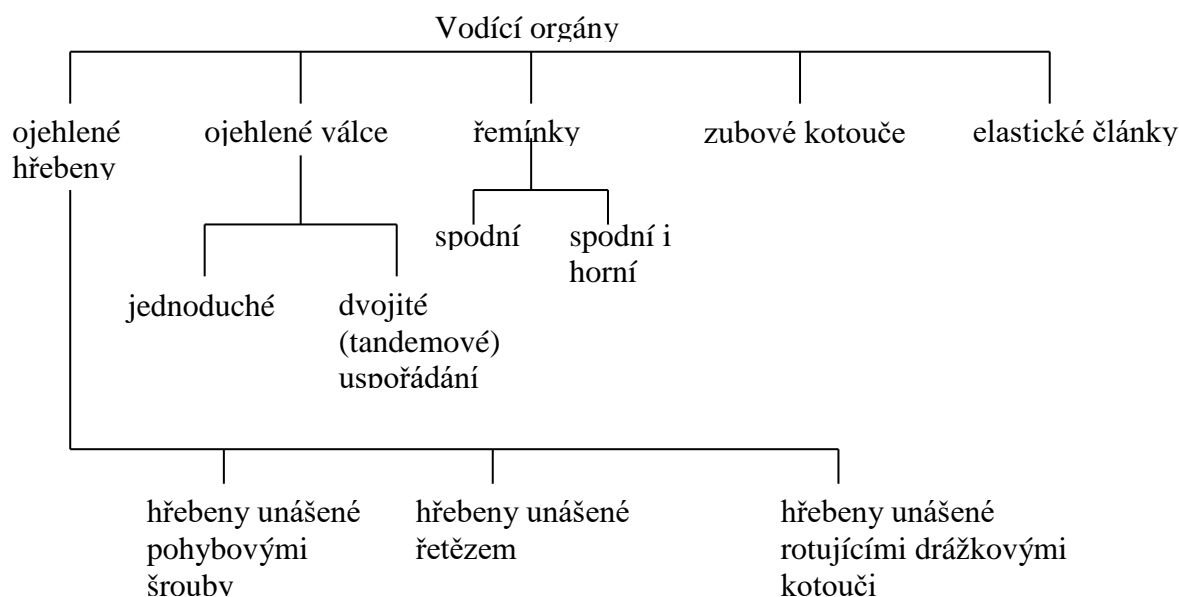
V důsledku větších délek vláken, které přicházejí v úvahu v česané a poločesané přádelně musí být vzdálenost stisků odváděcích a přiváděcích válců (délka průtahového pole) podstatně větší než při bavlnářském předení. Aby nebyla vlákna trhána při protahování, je délka průtahového pole nejméně tak velká jako maximální délka vláken. Chceme-li zajistit proces protahování s minimálním zvýšením hmotné stejnoměrnosti, musí být především kontrolován pohyb vláken v průtahovém poli prostřednictvím třecích sil. Toto pole třecích sil může být dosaženo různými vodícími orgány a musí působit co nejbližší k odváděcím válcům. Rychlost těchto vodících orgánů je přibližně tak velká, jako rychlost přiváděcích válců. Dosud jsou velmi používaná hřebenová průtahová ústrojí s dvojitým jehelným polem. Hřebeny průtahového ústrojí, které vytvářejí průtahové pole jsou hnány dvojicemi pracovních pohybových šroubů.

V současné době se používají kromě uvedeného hřebenového protahovacího ústrojí se zmíněným mechanismem pro pohyb hřebenů i některé odlišné druhy průtahových ústrojí, např.:

- hřebenové průtahové ústrojí s rotujícím drážkovým kotoučem a vodící zakřivenou drážkou
- hřebenové průtahové ústrojí s řetězovým pohonem hřebenů (ojehlené hřebeny jsou unášeny články řetězu)
- průtahové ústrojí s vodícím ústrojím tvořeným kotouči se zubovými kotouči

Při použití nových vodících orgánů dochází při pohybu hřebenů i k určitým šikmým polohám při vstupu, resp. výstupu hřebenů. Na druhé straně však je možná vyšší rychlost pohybu hřebenů a tím také vyšší výrobnost. Ve schématu na obr.165 je uveden přehled současných vodících ústrojí v průtahovém poli.

Řemínkové vodící orgány se používají též u průtahových ústrojí předřadacích a dopřadacích strojů.



Obr.166 Vodící orgány v průtahových ústrojích u posukovacích strojů v česané a poločesané technologii

Celkově můžeme shrnout požadavky na pohybové ústrojí hřebenů:

- rychlý a kolmý vstup, resp. výstup jehel hřebenů (kolmý výstup z vlákenného produktu je jedním z nejdůležitějších požadavků)
- zajistit pohyb hřebenů a tím i vláken až k odváděcím válcům rychlostí přiváděcích válců (podmínky ideálního průtahu)

Dále je nutné:

- stejná zadržovací schopnost hřebenů po celý příčný průřez pramene (rovnoměrné pole třecích sil)
- vedení vláken co nejbližší k odváděcím válcům (co nejbližší stiskové linii)
- napřímení a paralelizace vláken
- vysoká rychlost pohybu hřebenů při malém opotřebení a malém hluku

#### Průtahové ústrojí s dvojitým hřebenovým polem

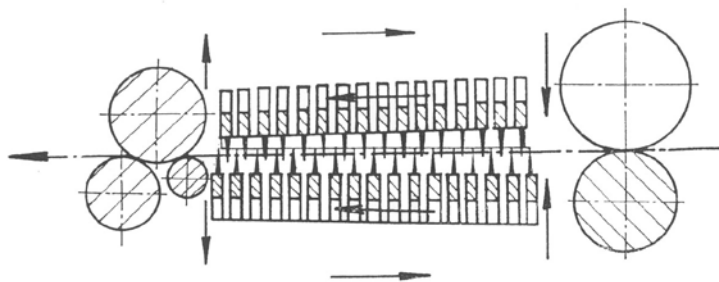
Vodící pole je tvořeno hřebeny a používá se buďto jako jednoduché (ve spodní části) anebo jako dvojité (ve spodní i horní části). V dalším se budeme zabývat dvojitým hřebenovým polem. Hřebeny, jak již bylo uvedeno, vytvářejí průtahové pole a pohyb získávají prostřednictvím pohybových šroubů. Poměrně složitý pohybový mechanismus limituje

obvodovou rychlost přiváděcích válců, která je stejná nebo mírně větší než postupná rychlost hřebenů. Při určitém průtahu je tak zároveň daná i maximální rychlost odváděcích válců.

Současné moderní posukovací stroje (např. GN 6, NSC) mají 2000 úderů hřebenů /min, což odpovídá v daném případě přiváděcí rychlosti 18 m/min.

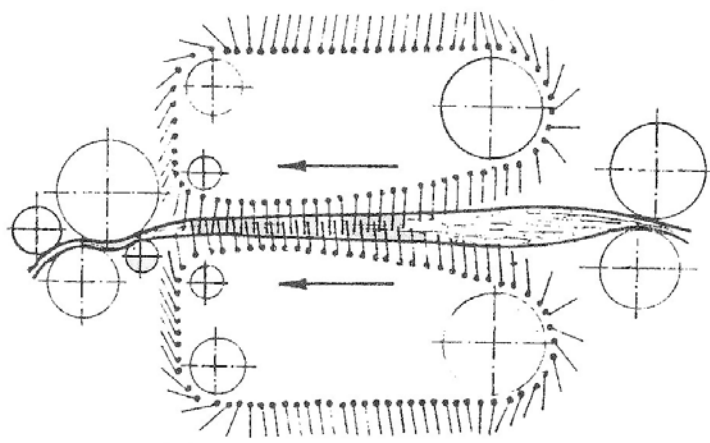
Doplňme, že rozpětí průtahu u uvedeného stroje je až 4,5 –13, vzdálenost stisku přiváděcích a odváděcích válců je 270 až 310 mm, maximální přítlak u odváděcích válců je 4000N, délka ojhleného pole je 164mm.

Schéma průtahového ústrojí s dvojitým, hřebenovým polem je na obr.168



Obr.168 Schéma průtahového ústrojí s dvojitým hřebenovým ojhleným polem

Kromě uvedeného pohybového ústrojí hřebenů se používá řetězového systému (obr.169), které je použito např. u typu GC fy NSC.



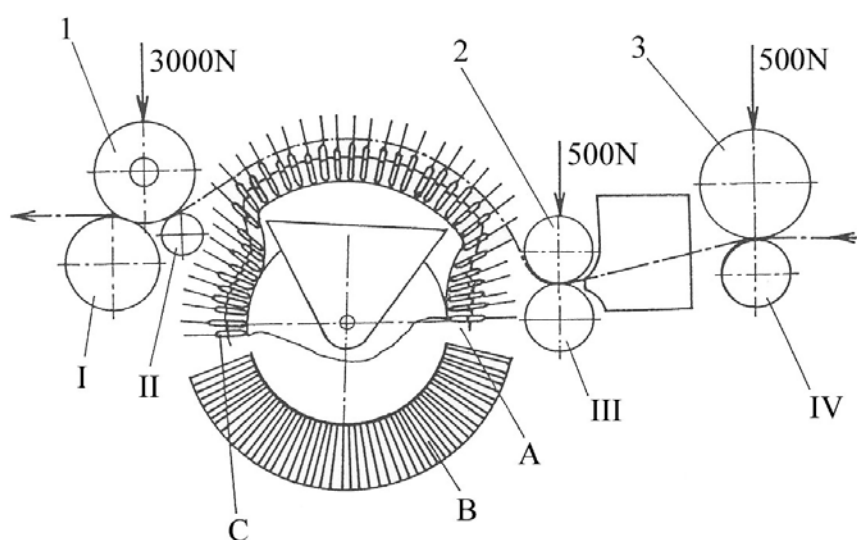
Obr.169 Průtahové ústrojí hřebenové s hřebeny unášenými řetězy

Unášením ojhlených hřebenů v řetězu je možnost podstatně zvýšit pracovní rychlost. U uvedeného stroje je výstupní rychlost až 300m/min, přítlak u odváděcích válců je až 4000N, vzdálenost mezi stisky přiváděcích a odváděcích válců je 395mm, délka ojhleného pole je 220mm, celkový počet hřebenů je 2x68, z toho v pracovní poloze 2x24.

Hřebeny unášené rotujícími drážkovými kotouči byly použity u průtahového ústrojí posukovacích stojů Textima, typ 1625,1629, které jsou dosud používány v některých česárnách.

Toto průtahové ústrojí má pouze spodní hřebeny, spodní ojhlené pole. Pohyb hřebenů je zajištěn pomocí rotujících kotoučů s radiálními drážkami. Vstup a výstup hřebenů z vlákněného produktu je zajištěn vedením hřebenů v pevné drážce. Použitý vodící mechanismus, který pracuje bez úderů na hřebeny, dosahuje frekvence hřebenů 2250 1/min, což představuje možnost použití vyšší přiváděcí rychlosti cca 25m/min

Schéma průtahového ústrojí je na obr.170.



Obr.170 Schéma hřebenového průtahového ústrojí s hřebeny unášenými rotujícími drážkovými kotouči  
 A ...pevná vodící drážka hřebenů  
 B... drážka rotujícího kotouče pro radiální vedení hřebene  
 C ...hřeben

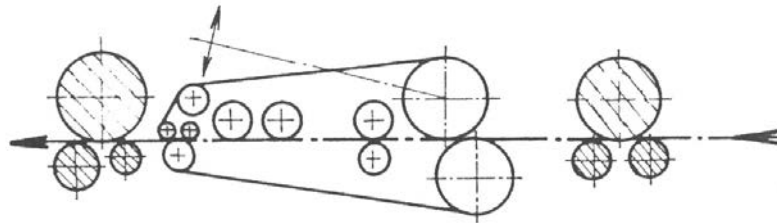
Z průtahových ústrojí, které se používají na předpřádacích strojích uvedme:

- dvouřemíkové ústrojí finizéru FM 5, obr.171
- dvouřemíkové průtahové ústrojí křídlového předpřádacího stroje (česaná technologie) 1502/6, obr.172

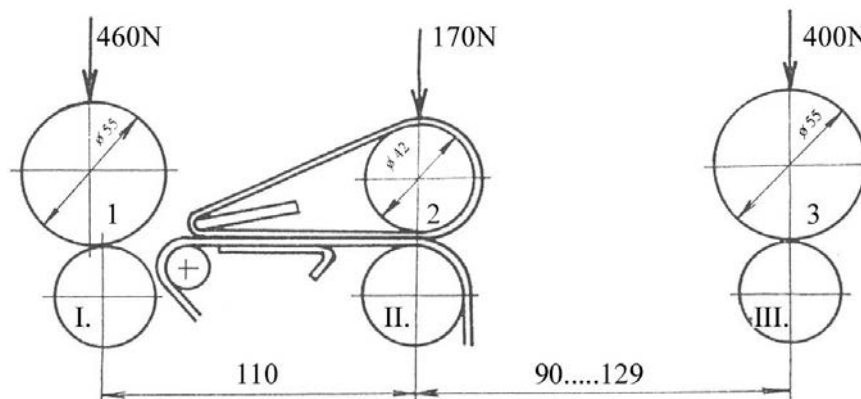
Z průtahových ústrojí pro prstencové dopřádací stroje uvedme:

- dvouřemíkové průtahové ústrojí prstencového dopřádacího stroje 2110 K (česaná technologie), obr.173

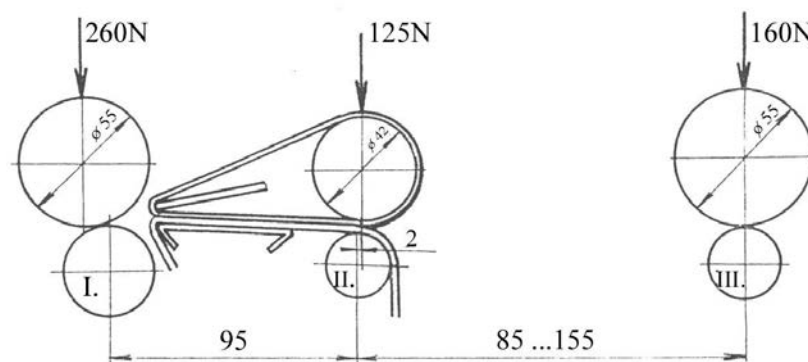
Prstencové dopřádací stroje pro mykanou technologii používají též krutnou trubku, umístěnou v průtahovém poli pro zajištění zrovnoměrnujícího účinku v důsledku zpevňování nepravým zákrutem plynulým. Tato funkce bude objasněna v kapitole zpevňování.



Obr.171 Dvouřemímkové průtahové ústrojí finizéru FM 5



Obr.172 Dvouřemímkové průtahové ústrojí křídlového předpřádacího stroje 1502/6



Obr.173 Dvouřemímkové průtahové ústrojí prstencového dopřádacího stroje 2110 K

## **2.7 ZPEVNĚOVÁNÍ**

### **2.7.1 Rozbor systémů předpřádání a dopřádání z hlediska členění na základní procesy**

Systém předpřádání a dopřádání bude rozebrán z hlediska procesu zpevnování a navíjení. Další ze základních procesů – protahování – byl předmětem předchozí kapitoly i v souvislosti s aplikací tohoto procesu u systému předpřádání a dopřádání. Dominujícím zaměřením této pasáže bude rozbor jednoho z nejdůležitějších procesů přádelnické technologie, procesu zpevnování. Tento proces bude sledován v teoretické rovině a budou rozebrány způsoby realizace zpevnování u nejdůležitějších spřádacích systémů, včetně systémů nekonvenčních (bezvřetenový rotorový spřádací systém, systém frikční a další).

Zároveň bude provedena analýza procesů zpevnování při přípravě vlákenného produktu pro dopřádání (rozbor nepravého zákrutu).

### **2.7.2 Zakrucování**

Vlákenný produkt je nutno během technologického procesu spřádání zpevnovat, zejména pak ve fázích, kdy dochází k jeho poměrně značnému ztenčování, zvláště při vytváření konečného produktu – příze.

V zásadě rozlišujeme dva druhy zákrutů, a to zákrut trvalý a nepravý.

Trvalým zákrutem rozumíme zakroucení vláken v jednom směru kolem osy vlákenného produktu (přástu nebo příze). Zákrut vyjadřujeme počtem celých otáček (obtočení) na délku 1m. Z hlediska směru rozlišujeme zákrut levý (S) a pravý (Z) – (šroubovice sleduje směr střední části písmene S, resp. Z).

Nepravým zákrutem rozumíme postupné zakrucování v obou směrech. Tyto zákruty opačného směru se ruší, tudíž nevzniká zakroucení s charakterem trvalého zákrutu. Účelem nepravého zákrutu je zpevnění vlákenného produktu prostřednictvím sblížení a zhuštění vláken, aby se mohla lépe uplatnit mezivlákněná soudržnost, daná zejména povrchovou strukturou a dalšími vlastnostmi vláken. Působí-li při zakrucování nepravým zákrutem současně větší příčně stlačující síly, jedná se o zaoblování.

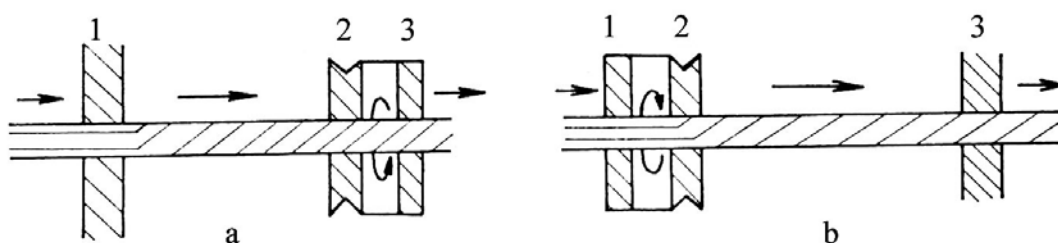
Použití určitého způsobu zpevnování (trvalý zákrut, nepravý zákrut, zaoblování), závisí na požadovaném stupni zpevnění, vlastnostech vlákenného materiálu, jemnosti vlákenného produktu.

K vysvětlení principu vzniku jednotlivých druhů zákrutů použijeme základního schématu, které se skládá z příváděcího ústrojí, vlastního zakrucovacího ústrojí a odváděcího ústrojí. Z uvedeného schématu vyplynou podmínky pro vznik jednotlivých druhů zákrutů.

### 2.7.2.1 Trvalý zákrut

Trvalým zákrutem je možno dosáhnout největšího zpevnění vlákenného produktu a používá se proto převážně při zpevňování příze a dále při výrobě skané příze.

Pokud vycházíme z dříve přijatého schématu, je podmínkou, aby spolu s vlastním zákrutovým orgánem rotovalo buď odváděcí (navíjecí) nebo příváděcí ústrojí kolem podélné osy vlákenného produktu (obr.174).



Obr.174 Schéma vzniku trvalého zákrutu

- 1 ... podávací ústrojí
- 2 ... krutné ústrojí
- 3 ... odváděcí (navíjecí) ústrojí

Případ na obr.174a odpovídá schématu tvorby zákrutu na klasických dopřádacích strojích (např. prstencových dopřádacích strojích). Obdobně vzniká zákrut i při klasickém způsobu skaní (prstencový skací stroj).

Udílení trvalého zákrutu u prstencového dopřádání nebo skaní je zajišťováno běžcem obíhajícím po prstenci za současného navíjení. Běžec v rámci systému vřeteno – běžec – prstenc realizuje krutnou (zákrut) i ohybovou deformaci (navíjení) příze.

Hodnota zákrutu vztažená na jednotku délky je dána známým vztahem:

$$Z = \frac{n}{v} \quad (124)$$

- Z... počet zákrutů na jednotku délky [1/min]
- n ... frekvence otáčení krutného orgánu [1/min]
- v ... rychlost dodávky podávacího ústrojí [m/min]

Při předení s volným koncem se nachází mezi oběma pevnými stisky volný konec příze. Jak je z obr.175b zřejmé, dochází k oddělování zakrucování a navíjení. Zvláštní zákrutový orgán slouží pro udělování zákrutu a rotace koncového návínu slouží pouze k navíjení.

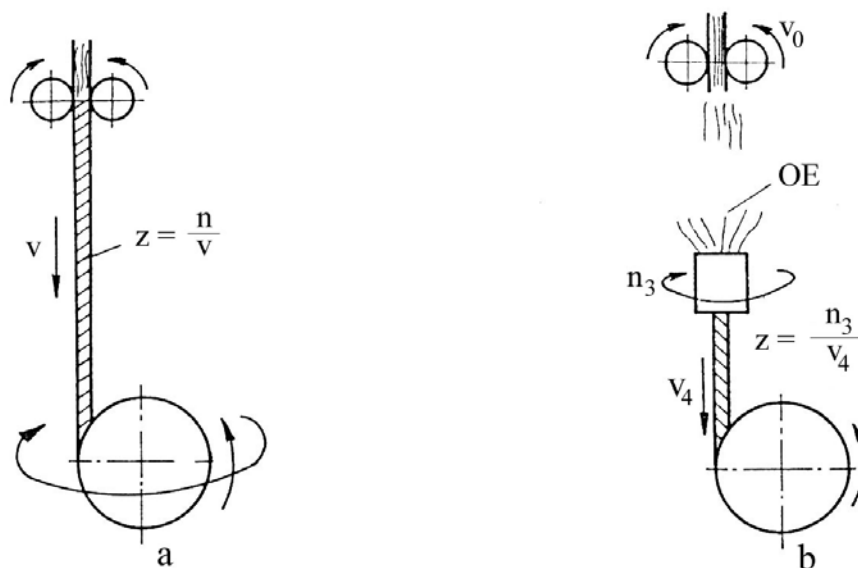


Počet zákrutů u tohoto systému je dán vztahem:

$$Z = \frac{n_3}{v_4} \quad (125)$$

$n_3$  ... frekvence otáčení krutného orgánu (např. rotoru) [1/min]

$v_4$  ... odtahová rychlost [m/min]



Obr.175 Systém klasického dopřádání (a) a dopřádání s volným koncem (b)

Pro úplnost poznamenejme, že použitím dvou pevných stisků může vzniknout dvouzákrut za pomoci příslušného krutného systému, který se používá při skaní. Krutný orgán v celkovém schématu se nenachází mezi oběma stisky, nýbrž vně těchto stisků. V rámci skaní bude tento způsob zakrucování popsán.

### 2.7.2.2 Ústrojí pro tvorbu trvalého zákrutu

Jak již bylo uvedeno, existují v zásadě dva způsoby trvalého zákrutu (viz. obr.175 a,b).

Tomu odpovídá i členění ústrojí pro tvorbu trvalého zákrutu. Tato dělíme na ústrojí klasická a nekonvenční.

U klasických krutných systémů (obr.174a,175a) je podávací ústrojí tvořeno párem válečků a krutné a odváděcí (navíjecí) ústrojí se používá v následujících formách:

- prstencové vřeteno ... nejrozšířenější ústrojí používané při dopřádání
- křídlové vřeteno ... ústrojí používané zejména při předpřádání a částečně při dopřádání.

Z dalších vřeten uveďme: selffaktorové, odstředivé, zvonkové.

Jejich současný praktický význam, v porovnání s výše uvedenými vřeteny, je velmi malý.

U nekonvenčních systémů se používá zejména systém předení s volným koncem (obr.175b). Jak již bylo uvedeno, podstatným faktorem zde je, že je odděleno vlastní zakrucovací ústrojí od ústrojí navinovacího.

Jedná se o krutná ústrojí používaná např. u bezvřetenového rotorového dopřádacího systému (rotor), dopřádacího systému frikčního (dvojice perforovaných bubnů), tzv. předení ve víru, elektrostatického předení. Tryskový systém pracuje na principu částečného volného konce.

Z dalších systémů jsou významné předeno-skací systémy Repco, Sirospun.

Z uvedených nekonvenčních dopřádacích systémů budeme sledovat dále ty, které mají v průmyslovém měřítku větší význam.

Podle uvedeného kriteria se budeme zabývat podrobněji bezvřetenovým rotorovým dopřádacím systémem a dále se seznámíme se systémem frikčním a systémem Repco. Další významné nekonvenční systémy dopřádací jsou uvedeny v dalších skriptech autora [62], [63].

### Klasické dopřádací systémy

Prstencový dopřádací stroj tvoří závěrečný stupeň výroby příze. Jeho úkolem je:

- 1) zjemnění předkládaného přástu (event. pramene) průtahem
- 2) zpevnění protaženého vlákenného produktu zakrucováním
- 3) tvorba návínu

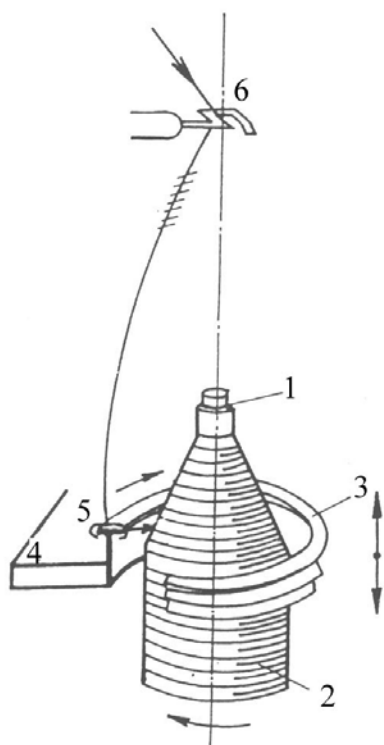
V následující části rozebereme problematiku zpevňování vlákenného útvaru na prstencovém dopřádacím stroji.

### Prstencové vřeteno, prstenec, běžec

Zakrucování u prstencového dopřádacího systému se provádí pomocí obíhajícího běžce na prstenci. Pohyb běžce je zajišťován od naháněného vřetene prostřednictvím odváděné příze. Schéma systému vřeteno, prstenec, běžec je na obr.176.

Na obrázku je znázorněno vřeteno 1, na dřívku vřetene je nasazena dutinka s návínem příze 2. Souose je umístěno vřeteno, prstenec 3 a vodící očko 6. Po prstenci uchyceném na prstencové lavici 4 obíhá běžec 5. Mezi vodícím očkem a prstencem, souose s vřetenem bývá ještě omezovač balonu, který zde není znázorněn.

Počet oběhů běžce není roven otáčkám vřetene. Mění se v průběhu navíjení mezi základem a vrchní částí kužele. Jednotlivé části kuželového návínu jsou naznačeny na obr.177.



Obr.176 Schéma systému vřeteno, prsteneč, běžec



Obr.177 Části kuželového návínu

Jestliže průtahové ústrojí dodává za jednotku času délku  $v_L$  a běžec koná  $n_b$  oběhů za tutéž časovou jednotku, tak počet ovinů lze stanovit podle následující rovnice (zanedbáme zkrácení příze):

$$n_v - n_b = \frac{v_L}{\pi d} \quad (126)$$

a odtud lze stanovit počet oběhů běžce  $n_b = f(d)$

$$n_b = n_v - \frac{v_L}{\pi d} \quad (127)$$

$n_v$  ... frekvence otáčení vřetene [1/min]

$n_b$  ... frekvence oběhů běžce [1/min]

$v_L$  ... dodávka průtahového ústrojí [m/min]

$d$  ... průměr navíjení na kuželové části návínu [m]

Zároveň z rovnice (126) vyplývá, že počet ovinů je nepřímo úměrný průměru navíjení. Pro určení počtu zákrutů platí s dostatečnou přesností vztah (124) v aplikaci na příklad prstencového vřetene, tj.:

$$Z = \frac{n_v}{v_L} \quad (128)$$

Z uvedeného vztahu vyplývá, že dodávka průtahového ústrojí je pro určitý počet zákrutů a tedy určitou jemnost přímo úměrná frekvenci otáčení vřetene. Každý nárůst produkce na jedno vřeteno při stejné jemnosti příze předpokládá zvýšení frekvence otáčení vřetene.

Zvyšování frekvence otáčení prstencového vřetene je však limitováno některými faktory. Důležitým faktorem je tahová síla příze v balonu, která roste se zvětšující se frekvencí otáčení vřetene. Dalším důležitým vlivem je vibrace vřetene a poloha oblastí kritických vibrací a konečně i problém odstředivé síly, která působí na běžec a odtud plynoucí tření běžce po prstenci, které značně narůstá s rostoucími otáčkami a způsobuje se tak nadměrné zahřívání a opotřebení běžce i prstence. Odtud plyne hlavní omezující faktor a to limitní kluzná rychlost běžce po prstenci.

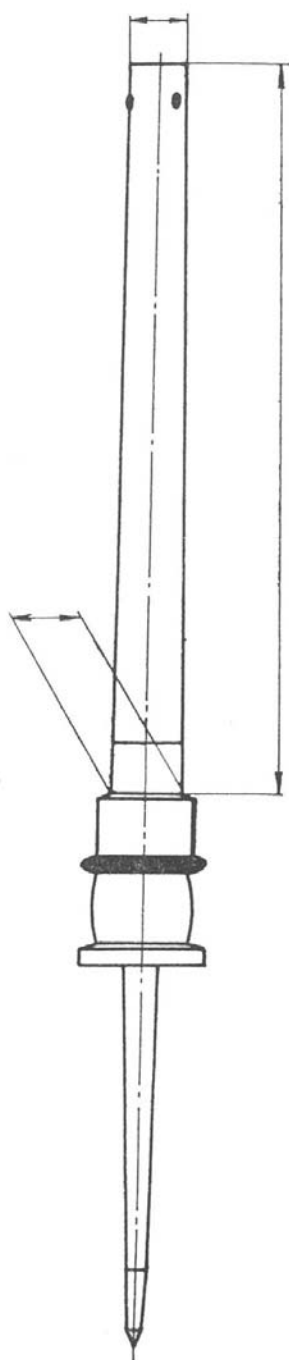
Na obr.178 je znázorněna vrchní část vřetene s dříkem.

Způsob tlumení výkyvu vřetene je zřejmý z obr.179.

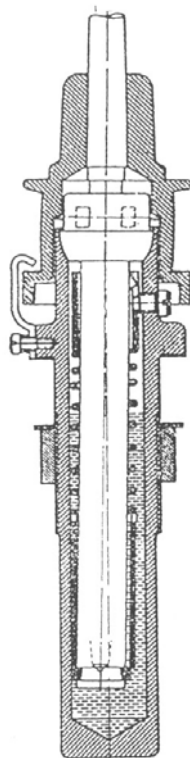
Ložiskové pouzdro tohoto vřetene má v horní části, přibližně na úrovni uložení válečkového ložiska kulovitou část, která spočívá v kulovité pánvi tělesa ložiska. Spodní část pouzdra může vykyvovat na všechny strany. Kmitání vřetene je tlumeno zařízením pozůstávajícím z trubky na spodní části ložiskového pouzdra. Nad trubkou se nachází kroužek svrchu přitlačovaný pružinou. Při výkyvech vřetene dohází k tlumení třením (obr.179), tlumící vliv má i olej v tělese ložiska.

Závěrem shrňme hlavní části prstencového vřetene:

- a) Vlastní vřeteno (dřík)
- b) Těleso ložiska nese pouzdro ložiska s vřetenem. Je připevněno na lavici stroje maticí
- c) Pouzdro ložiska. V pouzdru ložiska se nachází patní ložisko a válečkové vodící ložisko
- d) Přeslen má zvonkový tvar a slouží k náhonu vřetene. Na úrovni přeslenu je uvnitř v pouzdru ložiska uloženo válečkové vodící ložisko, což umožňuje optimální zachycení radiálního tahu od náhonového pásku



Obr.178 Vrchní část vřetene s dříkem



Obr.179 Tlumení výkyvu vřeten

#### Prstenec, běžec

Prstenec je umístěn souose s vřetenem na prstencové lavici. Průřez prstence zajišťuje vedení běžce. Zároveň prstenec koná společně s prstencovou lavicí postupný pohyb pro zajištění příslušného návinnu.

Prstenec je možno členit z různých hledisek:

- podle použití: pro dopřádací nebo skací stroje a dále pro příslušný zpracovávaný materiál: ba, vl,atd
- podle provedení: oboustranné, jednostranné
- podle způsobu mazání: nemazané, mazané, samomazané
- podle druhu: přírubové, pro běžce HZ (funkční plocha válcová) a pro běžce J (funkční plocha kuželová)

Běžec, který obíhá po prstenci se podílí na zakrucování a současně vede přízi při navíjení na potáč.

Co do tvaru, existuje poměrně velké množství běžců (C-běžec, N-běžec, eliptický, ouškový HZ, ouškový J běžec a další).

Číselné označování běžců není zcela jednotné. V zásadě však rozlišujeme pomocí číslování běžce podle jejich hmotnosti. Volba běžce je závislá především na jemnosti, počtu zákrutů a materiálovém složení a na parametrech vřetene a prstence. Běžce jsou ocelové, kruhového, polokruhového nebo plochého průřezu. Používají se též polyamidové běžce. Při spřádání bavlnářským způsobem se používají přírubové prstence (C,E-běžce aj.), při předení vlnářským způsobem se používá dalších druhů prstenců (pro HZ běžce, J běžce).

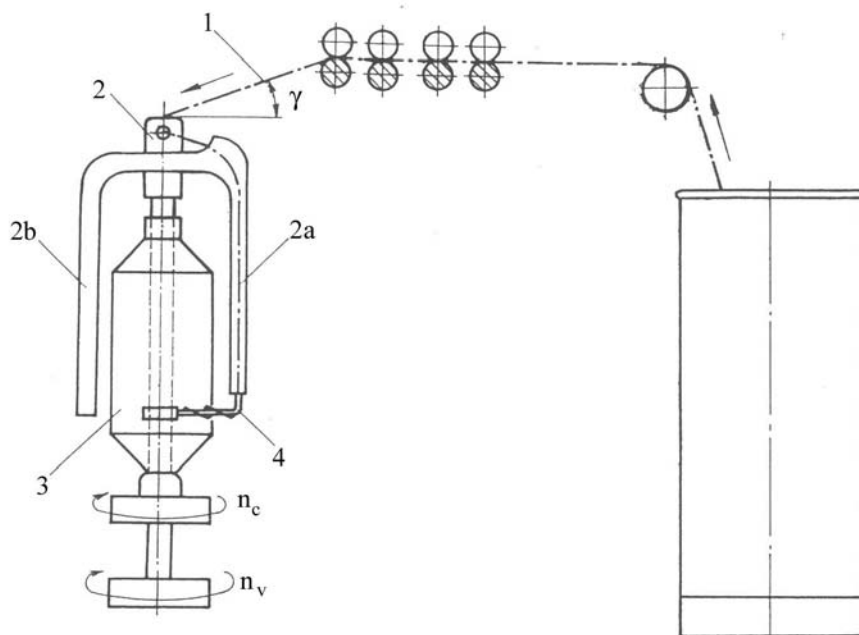
Limitujícím faktorem systému běžec – prstenec –vřeteno z hlediska výrobních je kluzná rychlost běžce po prstenci. Zvyšování výrobnosti je za této podmínky možné do určité míry snižováním průměru prstence, což je účelné aplikovat při agregaci prstencového dopřádacího a automatického soukacího stroje.

Problematika dopřádání na prstencovém dopřádacím stroji bavlnářském, resp. vlnářském je pak dále podrobně uvedena v dalších skriptech autora [62], [63].

#### Křídlové vřeteno

Křídlová vřetena můžeme rozdělit podle použití na předpřádací a dopřádací.

Na křídlových předpřádacích strojích má křídlové vřeteno a cívka vlastní náhon. Zpevňování přástu se zajišťuje trvalým zákrutem, pomocí křídlového vřetene. Schéma předpřádacího křídlového vřetene a cívky je znázorněno na obr.180.

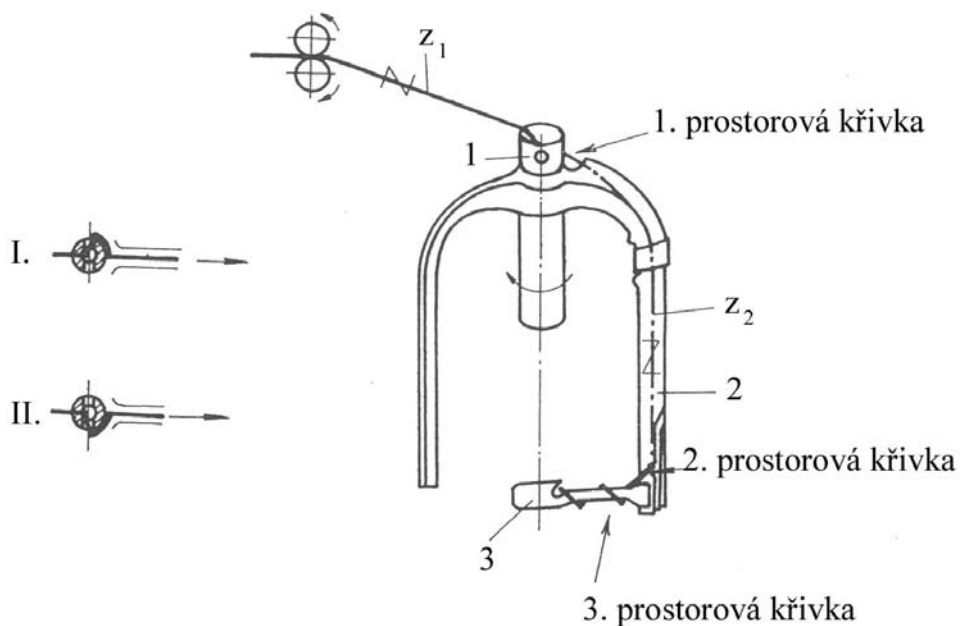


Obr.180 Schéma křídlového vřetene a cívky

- 1 ... přást
- 2 ... křídlo      2a) duté rameno křídla  
                         2b) plné rameno křídla
- 3 ... cívka
- 4 ... ručka
- $n_c$  ... frekvence otáčení cívky
- $n_v$  ... frekvence otáčení křídlového větene

Trvalý zákrut přástu vzniká v hlavě křídla bezprostředně před příčným otvorem. Zákruty se dále šíří až ke stisku odváděcích válců průtahového ústrojí a zpevňují přást.

Na obr.181 je patrný průběh prostorové křivky přástu, jenž prochází křídlem.



Obr.181 Schéma vedení přástu křídlem

- 1 ... hlava křídla
- 2 ... duté rameno křídla
- 3 ... ručka

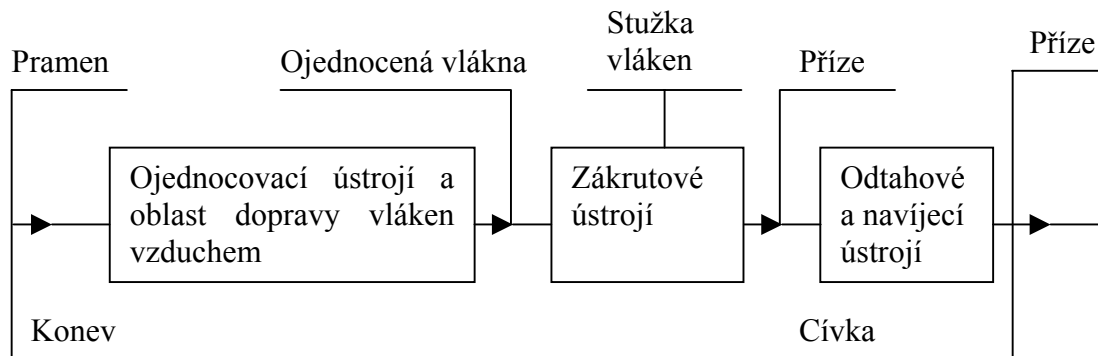
### 2.7.2.3 Bezvřetenový rotorový spřádací systém

Bezvřetenový rotorový spřádací systém řadíme do dnes již širší skupiny bezvřetenových systémů, resp. systémů OE (open end). Obecnou charakteristikou bezvřetenových systémů je odlišný způsob tvorby zákrutů u vyráběné přize. Typické pro danou skupinu je oddělení procesu zakrucování a navíjení a zajištění podmínky rotace volného konce přize. Přijmeme-li pro klasické předení první z možných schémat tvorby zákrutu (obr.175a), pak pro bezvřetenové (OE) spřádací systémy (rotorový, Dref, předení ve víru, elektrostatické) platí schéma ve smyslu obr.175b, tj. příváděcí orgán a odváděcí (navíjecí) orgán nerotují kolem



osy vláknenného produktu, ale v oblasti mezi podávacím a krutným ústrojím se realizuje ojednocení vláken podávaného vláknenného produktu. Odstranění mezivláknenných kontaktů je důležitou podmínkou a předpokladem pro následné uskutečnění zakrucovacího procesu.

Celkově můžeme bezvřetenový rotorový spřádací systém členit na hlavní části: ojednocovací ústrojí, zákrtové ústrojí, odtahové a navíjecí ústrojí. V rámci ojednocovacího ústrojí v širším slova smyslu zařazujeme oblast dopravy vláken vzduchem (obr.182).



Obr.182 Blokové schéma bezvřetenového rotorového spřádacího stroje

V dalším výkladu se zaměříme na analýzu bezvřetenového rotorového spřádacího systému.

Teorie bezvřetenového rotorového předení bude vyložena v další části na bezvřetenovém rotorovém systému řady BD 200. k výkladu teorie je použito zejména práce [1], [39], [43] a firemní literatury.

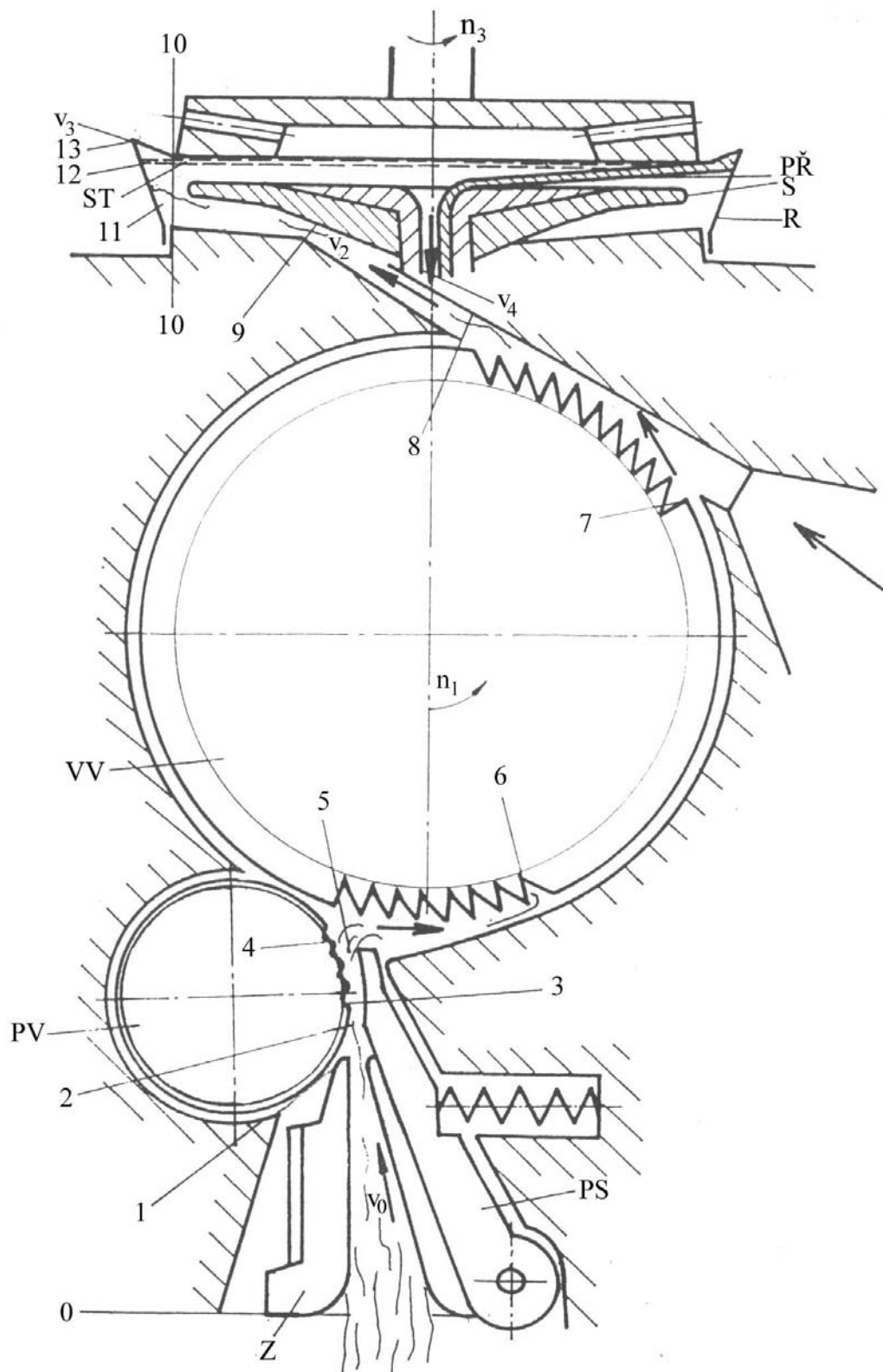
### Hlavní části spřádacího systému

#### Ojednocovací ústrojí

Úkolem ojednocovacího ústrojí je zpracovat podávaný pramen tak, aby došlo k rozdělení až na jednotlivá vlákna, resp. menší skupiny vláken. Operace uvolňování vláken z pramene musí proběhnout tak, aby nedocházelo k narušení vláken.

Celkový systém ojednocovacího ústrojí členíme na základní oblasti [1]:

- oblast podávání
- oblast vyčesávání
- oblast dopravy vyčesávacím válcem
- oblast snímání vláken z vyčesávacího válce
- oblast dopravy vláken vzduchovým proudem



Obr.183 Schéma průchodu vlákenného materiálu spřádacího jednotkou BD 200  
 Z ... zhušťovač, PS... přitlačný stoleček, PV .... podávací váleček,  
 VV.... vyčesávací válec, R ... rotor, S... separátor, ST... stužka, PŘ ... příze

Oblast podávání se nachází mezi body 0 – 4 (obr.183); (0 –vstup pramene do zhušťovače, 1-výstupní otvor zhušťovače, 2-počátek zóny stisku mezi podávacím válečkem a přítlačným stolečkem, 3- poloha idealizované stiskové linie, 4 –konec stiskové zóny podávacího ústrojí).

Oblast vyčesávání se nachází mezi body 5 a 6 (5- počátek oblasti vyčesávání, 6- konec pročesávané třísně vláken).

Oblast dopravy vyčesávacím válcem se nachází mezi body 6 a 7 (7 – konec oblasti dopravy, linie hrany pláště ojednocovacího ústrojí a vzduchového kanálu).

Oblast snímání vláken z vyčesávacího válce je vymezena body 7 a 8 (8 – oddělovací nůž).

Oblast dopravy vláken vzduchovým proudem je mezi body 8 a 10 (9 – ústí vzduchového kanálu pod separátorem, 10 – výstup vláken do rotoru na úrovni kraje separátoru).

V průběhu rozboru průchodu vláken ojednocovacím ústrojím jsme se seznámili s řadou důležitých elementů spřádací jednotky, resp. ojednocovacího ústrojí. Jde o zhušťovač, podávací váleček, přítlačný stoleček, vyčesávací válec, vzduchový kanál. Tyto části jsou zřejmé ve směru postupu vlákenného materiálu na obr. 183.

Působení na vlákenný materiál v jednotlivých oblastech ojednocovacího ústrojí je následující:

#### Oblast podávání

V oblasti podávání se přetváří původní průřez pramene na průřez přibližně obdélníkový o šířce málo menší než pracovní šířka povlaku vyčesávacího válce. Za ideální funkci považujeme v této oblasti dosažení rovnoměrné rychlosti podávání a vytvoření uvedeného plochého průřezu s rovnoměrnou hustotou vláken po celém průřezu při nepřilíš zvýšené soudržnosti třísně.

Přítlačná pružina stolečku vyvozuje přítlačnou sílu, jež se rozkládá na celou stiskovou oblast. Podmínkou spolehlivého podávání je překonání odporu tření stolečku o pramen a zajištění potřebné síly posuvu podávacím válečkem. Odpor tření přítlačného stolečku je:

$$F_{ps} = N \cdot \mu \quad (129)$$

$F_{ps}$  ... třecí síla mezi pramenem a přítlačným stolečkem

$N$  ... přítlačná síla na pramen ve stisku podávacího ústrojí

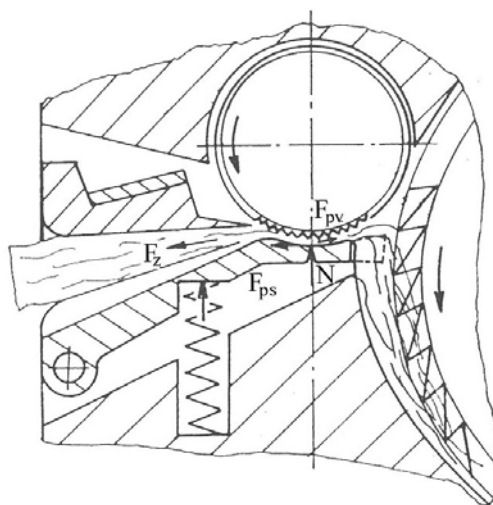
$\mu$  ... součinitel tření pramene o přítlačný stoleček

Obvodová síla na podávacím válečku pro zajištění podávání pramene dále do zóny vyčesávání je dána vztahem:

$$F_{pv} = F_z + F_{ps} - F_{vv} < N \cdot \mu_v \quad (130)$$

- $F_{pv}$  ... odvodová síla na podávacím válečku  
 $F_{ps}$  ... třecí síla na přítláčném stolečku  
 $F_z$  ... síla odporu při průchodu zhušťovačem  
 $F_{vv}$  ... tah pramene od vyčesávacího válečku  
 $\mu_v$  ... součinitel tření mezi pramenem a podávacím válečkem  
 $N$  ... normální síla přítláčného stolečku

Aby nedošlo k posuvu mezivrstev pramene je nezbytné, aby koeficient tření mezi přítláčným stolečkem a pramenem byl nižší než mezi vlákny v pramenu.



Obr.184 Schéma podávacího ústrojí

#### Oblast vyčesávání

V oblasti vyčesávání působí celokovový povlak na třáseň pramene tak, že z ní uvolňuje postupně vlákna nebo skupiny vláken, silovým působením zubů povlaku. K uvolňování dochází tehdy, jestliže silový účinek na vlákno od povlaku je větší než síly soudržnosti vláken s jejich okolím.

Konec třásně je utvářen působením vyčesávacího válce. Za linií 4 se pramen ohýbá a vzápětí zvětšuje svůj objem po uvolnění ze stisku, čímž současně v této fázi i klesá mezivlákněná soudržnost. Na úrovni linie 5 do něho zasahuje potah vyčesávacího válečku. Účinek zubu povlaku na třáseň je dvojího druhu. Jednak zub působí na vlákna svou přední hranou, jednak třecími silami boků zubů. Bez porušení délky vlákna mohou být uvolněna jen ta vlákna, jejichž konce opustily linii 4.

Vlákno, nebo skupina vláken při zachycení povlakem zvyšuje rychlost z hodnoty  $v_0$  (podávací rychlost) na  $v_1$ . Ke změně rychlosti dochází na velmi krátké dráze a během této dráhy předpokládáme, že skupina vláken má střední rychlost [1]:

$$v_{01} = \frac{v_0 + v_1}{2} \quad (131)$$

neboli předpokládá se rovnoměrný vzrůst rychlostí.

Ze zákona o změně hybnosti dostaneme pro sílu  $F_k$  vztah:

$$F_k \cdot \Delta t = m_k (v_1 - v_0) \quad (132)$$

Předpokládáme zhruba, že :

$$\Delta x = \Delta t \cdot v_{01} \quad (133)$$

Z předchozích vztahů plyne, že:

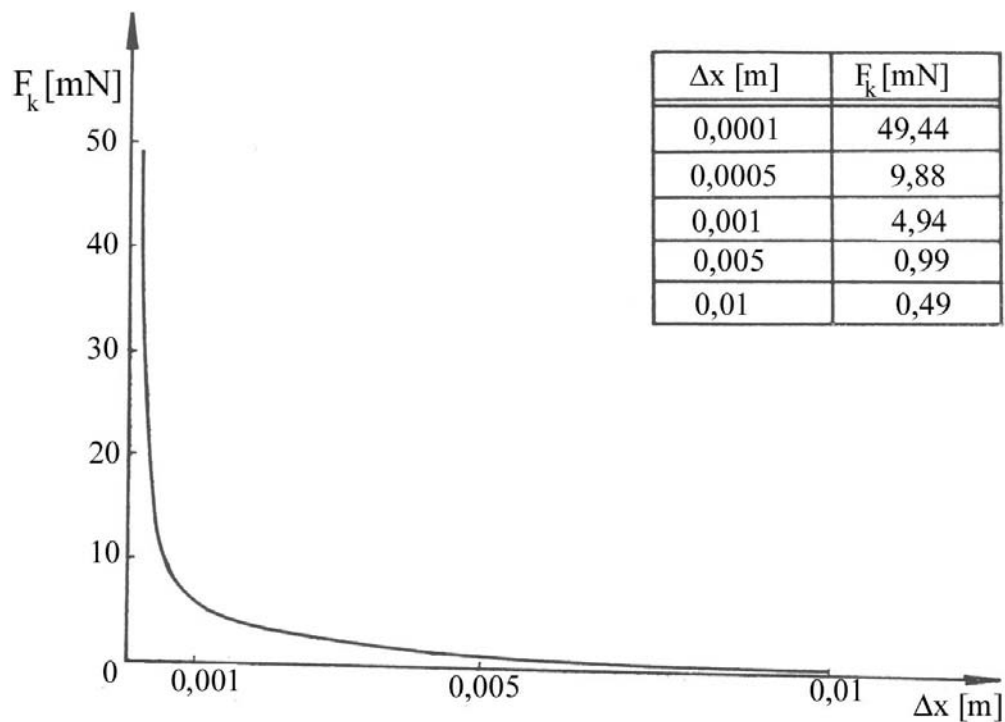
$$F_k = \frac{m_k}{2\Delta x} (v_1^2 - v_0^2) = \frac{m_k}{2\Delta x} v_1^2 \left(1 - \frac{v_0^2}{v_1^2}\right) \quad (134)$$

$F_k$  .. síla působící na vlákno nebo skupinu vláken při změně rychlosti z  $v_0$  na  $v_1$  [mN]

$m_k$ ... hmotnost vlákna nebo skupiny vláken [g]

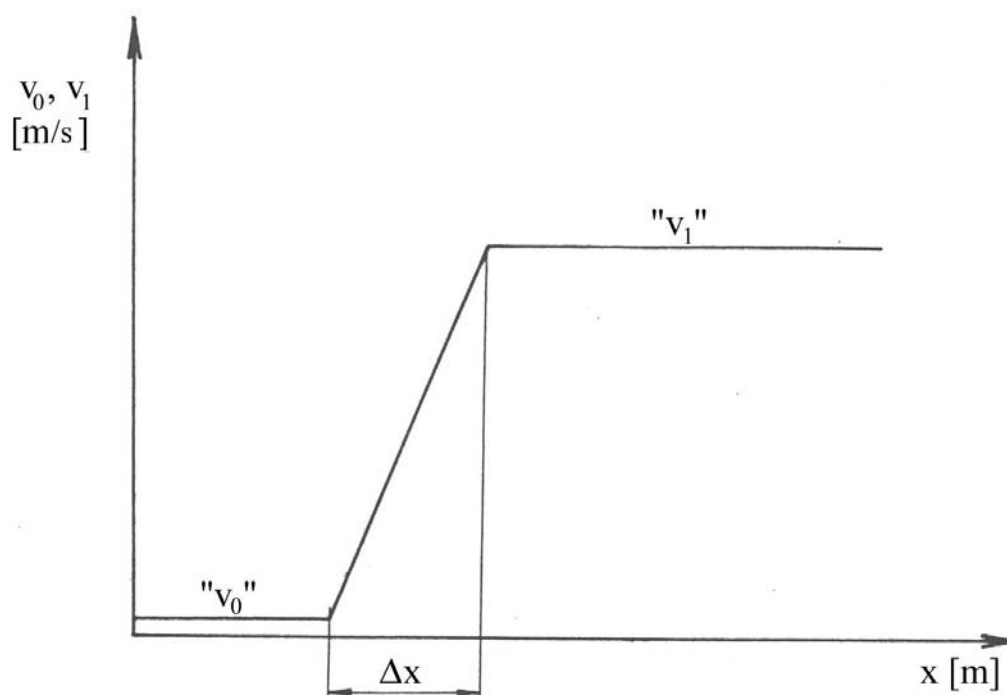
$\Delta x$ .. dráha, na níž dojde ke změně rychlosti z  $v_0$  na  $v_1$  [m]

Např. pro urychlení 1 vlákna ( $T_v = 0,31\text{tex}$ ,  $L_v = 58\text{mm}$ ) z nízké podávací rychlosti  $v_0$  na  $v_1 = 23,45\text{m/s}$  je potřeba v závislosti na dráze  $\Delta x$  síla  $F_k$  plynoucí z následujícího diagramu (obr.185).



Obr.185 Výsledná síla k urychlení vlákna na dráze  $\Delta x$ .

Předpokládaná změna rychlosti je znázorněna na obr. 186.



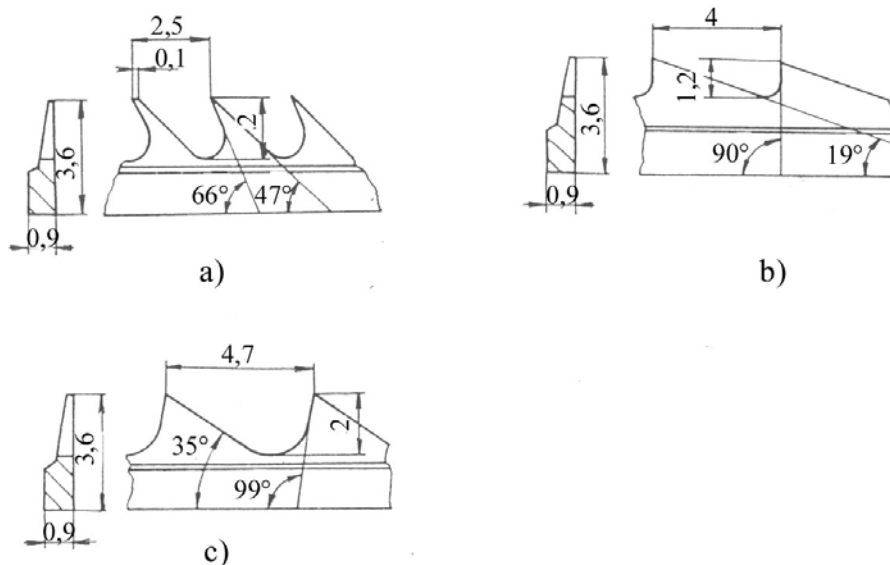
Obr.186 Změna rychlosti vlákna při vyčesávání

Aby nedocházelo k narušování vláken, musí se volit poloha oblasti vyčesávání v optimální vzdálenosti od linie 4 (obr.183).

#### Oblast dopravy

Po uvolnění z rozčesané třísně je vlákno unášeno oblastí dopravy (mezi body 6 – 7, viz. obr.183). V této oblasti probíhá zároveň příprava vláken k sejmutí. Rychlost vláken, která jsou zachycena povlakem je shodná s obvodovou rychlostí vyčesávacího válce. V souvislosti s povlakem vyčesávacího válce je třeba připomenout, že tvar zubu tohoto povlaku je závislý na zpracování bavlny, VSs a směsí a syntetických vláken a směsí a jednotlivé tvary jsou znázorněny na obr.187.

Je zřejmé, že tvar zubu celokovového povlaku úzce souvisí s mezivláknennou soudržností příslušného materiálu, pevností vláken a s podmínkou uvolňování vláken bez zkracování délky vláken v oblasti vyčesávání. Je vhodné, aby oblast dopravy byla co nejkratší.



Obr.187 Celokovový povlak vyčesávacího válce pro zpracování bavlny (a), VSs a směsí (b), syntetických vláken a směsí (c)

#### Oblast snímání

V oblasti snímání dochází k přechodu jednotlivých vláken a skupin vláken z povlaku vyčesávacího válce do vzduchového kanálu. V této zóně je zejména důležité spolehlivé sejmutí vláken a jejich nasměrování do vzduchového kanálu. Snímání se realizuje jednak působením odstředivých sil a dále v důsledku působení proudícího vzduchu ve vzduchovém kanále. Pro zajištění sejmutí je na konci oblasti snímání ještě tzv. oddělovací nůž, což je v podstatě hrana pláště vyčesávacího válce na zmíněném konci zóny (8 – obr.183).

Výsledky experimentů a teoretického rozboru ukázaly [1], že rychlost výstupu vláken z povlaku ve směru radiálním po opuštění oblasti dopravy je poměrně malá, a proto lze předpokládat pohyb vlákna po opuštění vyčesávacího válce přibližně ve směru tečny k obvodu vyčesávacího válce. Vlákno je dále vystaveno účinku proudového pole.

Vlákna opouštějí povlak vyčesávacího válce, nikoliv však ve stejném místě. Při snímání vláken dochází též k některým nepravidlostem. Vlákna mohou dostávat rázy od stěn pláště vyčesávacího válce a kanálu. To ještě dále komplikuje charakter pohybu vláken v této zóně. Rovněž proudění vzduchu v oblasti snímání nemá jednoduchý charakter, neboť je ovlivňováno účinkem povlaku vyčesávacího válce, který způsobuje v této oblasti turbulenci.

## Oblast dopravy vláken vzduchem

V oblasti dopravy vláken vzduchem v přímém kanálu jsou vlákna, která obdržela určitou počáteční hybnost v oblasti snímání, urychlována působením proudu vzduchu o vyšší rychlosti než je obvodová rychlost vyčesávacího válce.

Z předchozího rozboru v oblasti snímání vyplynulo, že vlákna na vstupu do kanálu mají různé rychlosti co do velikosti i směru. To komplikuje i přístup k teoretickému řešení pohybu vláken ve vzduchovém kanálu.

Vzduchový kanál dopravuje vlákna směrem ke skluzové stěně rotoru. Další funkcí vzduchového kanálu je přídavné ojednocení vláken. Navíc vlákenný tok ve vzduchovém kanále je výsledným produktem ojednocovacího ústrojí a základem pro tvorbu stužky na sběrném povrchu rotoru, která po zakroucení je přetvářena v přízi. Je tedy zřejmé, že je velmi důležité, aby vlákna výsledného vlákenného toku unášeného vzduchovým proudem se vyznačovala co nejdokonalejším ojednocením.

## Zákrutové ústrojí

Spřádací rotor je vlastní zákrutový orgán specifického provedení. Ve spřádacím rotoru se vytváří z vlákenného toku stužka, vhodná k zakroucení. Tato stužka se zakrucováním přetváří v přízi, takže rozložení hmoty a z toho plynoucí hmotná nestejnomyšnost stužky určuje i hmotnou nestejnomyšnost výsledné příze.

Vlákenný materiál, který postupuje ve formě vlákenného toku ze vzduchového kanálu do rotoru budeme sledovat v následujících oblastech zákrutového ústrojí:

- oblast přechodu vláken na skluzovou stěnu (10 –11)
- oblast skluzu vláken (11 –12)
- oblast sběrného povrchu (12 –13)

Na sběrném povrchu se vytváří stužka, což je vlastně počátek tvorby příze, počátek, kdy bude nový vlákenný útvar charakterizován pevnými mezivlákennými kontakty.

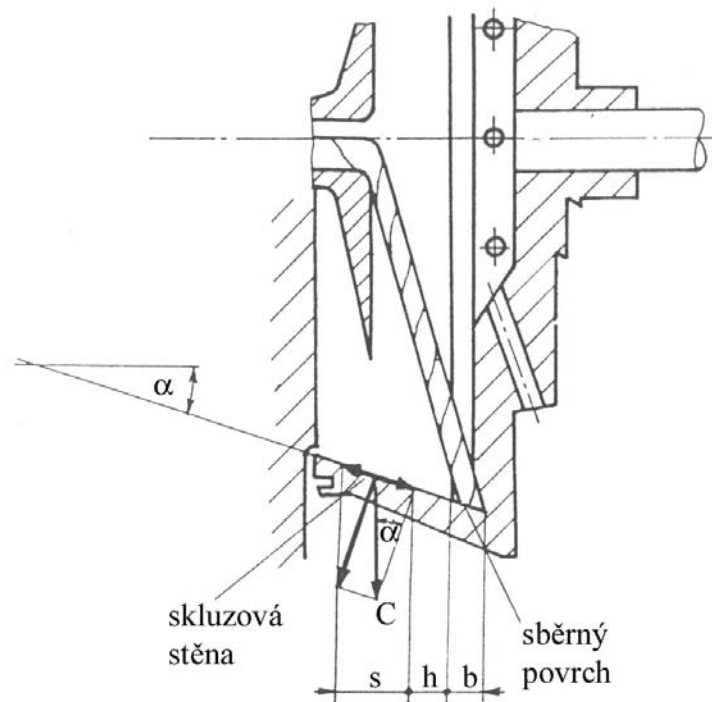
## Oblast přechodu vláken na skluzovou stěnu

Vlákna v této oblasti dopadají na skluzovou stěnu spřádacího rotoru, přičemž jsou usměrňována separátorem S (obr.183). Je důležité, aby oblast dopadu vláken na skluzovou stěnu byla dostatečně vzdálena od sběrného povrchu, aby nedocházelo k narušování samotné tvorby příze dopadajícími vlákny. Při přechodu vláken ze vzduchového kanálu na skluzovou stěnu je nezbytný průtah, aby se vlákna ukládala pokud možno v napřímeném stavu.



## Oblast skluzu vláken

Oblast skluzu vláken se nachází na skluzové stěně spřádacího rotoru (obr.188).



Obr.188 Schéma oblasti skluzu vláken

Při přechodu vláken na skluzovou stěnu se mění rychle velikost a směr jejich rychlosti. Jak již bylo uvedeno, základním požadavkem na polohu oblasti dopadu vláken  $s$  na skluzové stěně je, aby se tato oblast nacházela v bezpečné vzdálenosti  $h$  od sběrného povrchu  $b$ . Při dopadu vlákna kloužou po kuželové skluzové stěně jako po nakloněné rovině vlivem odstředivých sil, resp. příslušných složek odstředivých sil. Podmínka pro skluz vláken směrem ke sběrnému povrchu je následující:

$$C \cdot \sin \alpha > f \cdot C \cdot \cos \alpha \quad (135)$$

$$\operatorname{tg} \alpha > f \quad (136)$$

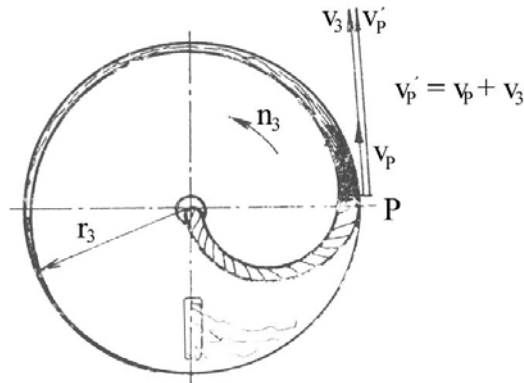
$$\alpha > \operatorname{arctg}(f) \quad (137)$$

$\alpha$  ... poloviční vrcholový úhel kužele

$f$  ... koeficient tření mezi vlákny a skluzovou stěnou

## Oblast sběrného povrchu

Na sběrném povrchu rotoru (obr.183 ... 12 – 13) se vytváří stužka. V bodě P dochází ke snímání stužky a dále se stužka přetváří v přízi (obr.189).



Obr.189 Stužka vláken na sběrném povrchu

- $n_3$  .. frekvence otáčení rotoru
- $v_p$  ... relativní rychlost snímání stužky vláken ze sběrného povrchu
- $v_3$  ... rychlost sběrného povrchu
- $v'_p$ .. absolutní rychlost pohybu sběrného bodu P
- $r_3$ ... poloměr sběrného povrchu

Jak je schematicky znázorněno na obr.189, teoreticky počet vláken v průřezu stužky lineárně klesá po obvodu sběrného povrchu. Stejnóměrnost snímané stužky příznivě ovlivňuje tzv. cyklické družení. Vliv cyklického družení bude posouzen dále. Schéma na obr.189 znázorňuje jednak relativní pohyb konce příze vůči sběrnému povrchu (relativní rychlost sběrného bodu P vůči sběrnému povrchu ... $v_p$ ) a jednak absolutní pohyb konce příze (absolutní rychlost sběrného bodu P ... $v'_p$ ).

Ve skutečnosti je ideální průběh procesu ve spřádacím rotoru doprovázen určitou hmotnou nestejnóměrností stužky a též může docházet k přímému zakrucování vláken do příze.

Na rozdíl od prstencového dopřádání, kde je na počátku zakrucovaného produktu poměrně vysoká osová síla, zkrucuje se příze ve spřádacím rotoru pod relativně nevelkou silou.

V souvislosti s absolutním pohybem sběrného bodu P je možno též definovat počet zákrutů ukládaných na délkovou jednotku příze.

Principem ukládání zákrutů do příze je absolutní rotační pohyb sběrného bodu P (bodu tvorby příze) ve smyslu rotace spřádacího rotoru a odtah příze z rotoru pevným bodem v ose

rotace. Směr zákrutů je určen smyslem rotace sběrného povrchu vzhledem ke smyslu odtahu příze z rotoru v jeho ose.

Počet zákrutů na jednotku délkovou je dán poměrem frekvence obíhání konce příze (frekvence obíhání sběrného bodu P) ku odtahové rychlosti příze.

$$Z = \frac{n'_p}{v_4} \quad (138)$$

$Z$  .. počet zákrutů [1/m]

$n'_p$  .. frekvence obíhání konce příze [1/min]

$v_4$  ... odtahová rychlost příze [m/min]

Vztah (138) upravíme:

$$Z = \frac{v'_p}{\pi d_3 v_4} \quad (139)$$

$v'_p$  ... absolutní rychlost pohybu sběrného bodu P

$d_3$  ... průměr sběrného povrchu

Pro případ zobrazený na schématu (obr.189) platí:

$$v'_p = v_3 + v_p \quad (140)$$

$v_3$  ... rychlost sběrného povrchu

$v_p$  ... relativní rychlost snímání stužky vláken se sběrného povrchu

Dosadíme-li výraz (140) do výrazu (139) obdržíme:

$$Z = \frac{v_3 + v_p}{\pi \cdot d_3 \cdot v_4} \quad (141)$$

Vztah mezi rychlostí snímání stužky  $v_p$  a rychlostí odtahu  $v_4$  lze vyjádřit:

$$v_4 = \eta \cdot v_p \quad (142)$$

$\eta$  ... součinitel zkrácení stužky v přízi

Dosadíme (142) do (141):

$$Z = \frac{v_3 + v_p}{\pi \cdot d_3 \cdot \eta \cdot v_p} \quad (143)$$

$$Z = \frac{1}{\pi d_3} \left( \frac{v_3}{v_4} + \frac{1}{\eta} \right) \quad (144)$$

$$Z = \frac{n_3}{v_4} + \frac{1}{\eta \pi d_3} \quad (145)$$

Vztah (145) ukazuje, že počet zákrutů lze vyjádřit v podstatě prvním ze sčítanců, tj.:

$$Z = \frac{n_3}{v_4} \quad (146)$$

Takto definovaný zákrut se nazývá zákrut strojový.

Chyba vzniklá zanedbáním druhého sčítance činí při úrovni strojového zákrutu okolo hodnoty  $Z = 10001/\text{m}$  cca 0,5%.

Jak již bylo uvedeno, na sběrném povrchu se vytváří vlákenná stužka v důsledku tzv. cyklického družení vlákenného toku. Velikost uvedeného družení  $N$  je dána vztahem:

$$N = \frac{v_3}{v_p} \quad (147)$$

při úpravě:

$$N = \frac{v_3}{v_4} \eta = \frac{\pi d_3 n_3}{v_4} \eta = \pi d_3 Z \eta \quad (148)$$

Vztahy (147), (148) vystihují souvislost mezi velikostí cyklického družení  $N$  a dalšími technologickými parametry.

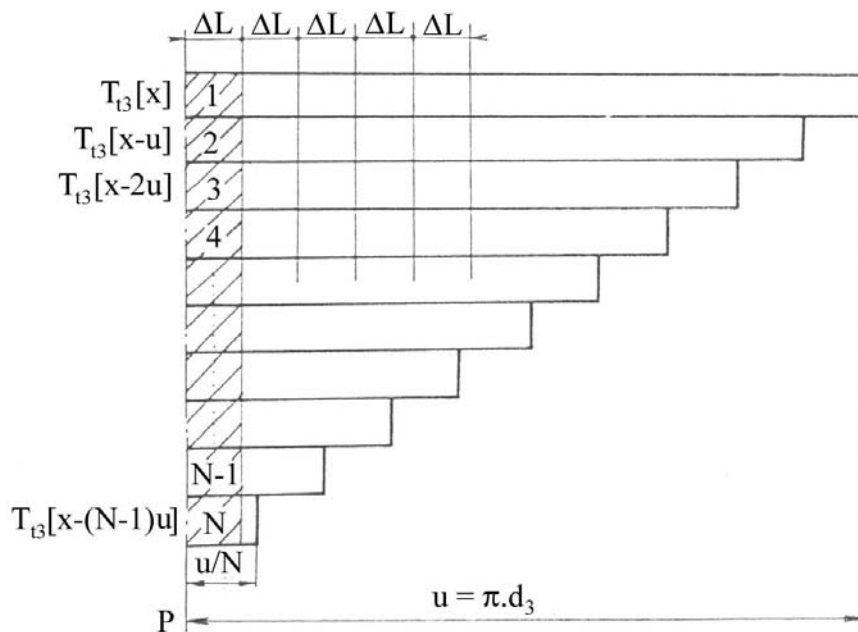
Jak známo, družení má obecně zestejnoměňující vliv na výsledný produkt. Pro posouzení zestejnoměňujícího účinku v daném případě použijeme postupu, kdy budeme sledovat systém cyklického družení jako dílčí lineární dynamický systém [43] z celkového dynamického rotorového spřádacího systému (teoretický základ – viz dodatek).

Vstup sledovaného systému je vlákenný tok o střední jemnosti  $T_{t3}$  [tex] tvořící na sběrném povrchu vlákennou stužku. Výstup ze systému je vlákenná stužka o střední jemnosti  $T_{tp}$  [tex] (obr.190).



Obr.190 Schéma lineárního dynamického systému cyklického družení

Vlákenný tok na sběrném povrchu se druží a vytváří se stužka. Dochází vlastně ke sružování krátkých úseků vlákenného toku (uvažujeme nestejnoměrnost hmotnosti, resp. jemnosti krátkých úseků vlákenného produktu), které jsou od sebe délkově vzdáleny o hodnotu odvodu sběrného povrchu (obr.191).



Obr.191 Schéma principu tvorby plného průřezu vlákněné stužky cyklickým družením

Funkce jemnosti při dosaženém počtu  $N$  sdrůžených vlákněných toků na sběrném povrchu, tj. při snímání stužky ve snímacím bodě  $P$  bude:

$$\begin{aligned}
 T_{tp}[x] &= T_{t3}[x] + T_{t3}[x-u] + T_{t3}[x-2u] + T_{t3}[x-3u] + \dots + T_{t3}[x-(N-1)u] = \\
 &= \sum_{k=0}^{N-1} T_{t3}[x-ku]
 \end{aligned}
 \tag{149}$$

$T_{tp}[x]$  ..... jemnost vlákněné stužky ve snímacím bodě jako funkce délkového parametru  $x$

$T_{t3}[x-(N-1)u]$  ... jemnost vlákněného toku na sběrném povrchu jako funkce jeho délkového parametru  $[x-(N-1)u]$

$N$  ..... míra cyklického družení

$u$  ..... obvod sběrného povrchu

Pro stanovení přenosové funkce sledovaného lineárního dynamického systému cyklického družení použijeme metodu z teorie funkcí komplexní proměnné, tzv. Laplaceovu transformaci. Získáním přenosové funkce daného systému získáme matematický popis fyzikálního (technologického) systému. S použitím Laplaceovy transformace lze lineární dynamický systém charakterizovat přenosovou funkcí, kterou lze vyjádřit obecně:

$$F_s(p) = \frac{G(p)}{F(p)}
 \tag{150}$$

kde  $F(p)$ , resp.  $G(p)$  je Laplaceova transformace vstupní, resp. výstupní veličiny (signálu).

Je-li rozložení jemnosti po délce vstupujícího vlákenného toku (tj. vstupní veličina systému) vyjádřena náhodnou funkcí  $T_{t3}[x]$  a je-li délka obvodu sběrného povrchu  $u$ , pak jemnost stužky (tj. výstupní veličina systému) je vyjádřena funkcí  $T_{tp}[x]$ .

Vzájemný vztah je vyjádřen rovnicí (149).

Provedeme-li Laplaceovu transformaci, máme možnost snadno podle vztahu (150) určit přenosovou funkci. Dříve však připomeňme, že Laplaceova transformace je obecně definována:

$$L\{g(x)\} = \int_0^{\infty} g(x)e^{-px} dx = G(p) \quad (151)$$

L ... symbol Laplaceovy transformace

Ve vztahu (151) je uvedena Laplaceova transformace funkce  $g(x)$ , kterou získáme funkci  $G(p)$ .

Přenosová funkce je pak poměr operátorového obrazu výstupního signálu k obrazu vstupního signálu.

Vrátíme se k rovnici (149) a provedeme Laplaceovu transformaci:

$$T_{tp}[x] = T_{t3}[x] + T_{t3}[x-u] + T_{t3}[x-2u] + \dots + T_{t3}[x-(N-1)u]$$

$$T_{tp}[p] = T_{t3}[p] + T_{t3}[p]e^{-pu} + T_{t3}[p]e^{-2pu} + \dots + T_{t3}[p]e^{-pu(N-1)} \quad (152)$$

$$T_{tp}[p] = T_{t3}[p] \{1 + e^{-pu} + e^{-2pu} + \dots + e^{-pu(N-1)}\} \quad (153)$$

$$T_{tp}[p] = T_{t3}[p] \sum_{k=0}^{N-1} e^{-pku} \quad (154)$$

Přenosová funkce systému cyklického družení:

$$F_{sIV}[p] = \frac{T_{tp}[p]}{T_{t3}[p]} = \sum_{k=0}^{N-1} e^{-pku} \quad (155)$$

Na pravé straně výrazu (155) je součet prvních  $N$  členů geometrické řady s prvním členem 1 a kvocientem  $e^{-pu}$ . Přenosovou funkci lze vyjádřit ve tvaru:

$$F_{sIV}[p] = \frac{1 - e^{-pNu}}{1 - e^{-pu}} \quad (156)$$

Velmi důležitým pro praktické účely je tzv. modul přenosové funkce. Modul přenosové funkce určíme následujícím postupem.

Vycházíme ze čtverce modulu přenosové funkce  $|F_{sIV}[i\omega]|^2$ , přičemž jsme nahradili parametr  $p$  výrazem  $i\omega$  ( $\omega$  ... frekvence harmonického kmitání [ $m^{-1}$ ]).

$$|F_{sIV}[i\omega]|^2 = F_{sIV}(i\omega) \cdot F_{sIV}(-i\omega) = \frac{1 - e^{-i\omega Nu}}{1 - e^{-i\omega u}} \cdot \frac{1 - e^{i\omega Nu}}{1 - e^{i\omega u}} = \frac{1 - \cos \omega Nu}{1 - \cos \omega u} \quad (157)$$

Po konečné úpravě:

$$|F_{sIV}[i\omega]|^2 = \frac{\sin^2 \frac{\omega Nu}{2}}{\sin^2 \frac{\omega u}{2}} \quad (158)$$

$$|F_{sIV}[i\omega]| = \left| \frac{\sin \frac{\omega Nu}{2}}{\sin \frac{\omega u}{2}} \right| \quad (159)$$

Uvedený vztah určuje průběh poměru absolutních amplitud výstupního a vstupního signálu. V dané technologické aplikaci jde o amplitudy harmonických složek průběhu jemnosti na krátkých úsecích s frekvencí  $\omega$ .

Pro vlastní posouzení vyrovnávací účinnosti systému cyklického družení je výhodnější modul přenosové funkce a tudíž poměr amplitud vztažených na příslušnou střední hodnotu jemnosti na výstupu a na vstupu [1].

Lze dokázat, že modul poměrné přenosové funkce  $|F_{sIV}^*[i\omega]|$  je v následujícím vztahu vůči modulu přenosové funkce podle (159):

$$|F_{sIV}^*[i\omega]| = \frac{|F_{sIV}[i\omega]|}{N} \quad (160)$$

$$|F_{sIV}^*[i\omega]| = \frac{A_p^*}{A_3^*} = \frac{T_{tp}}{T_{t3}} = \left| \frac{\sin \frac{\omega Nu}{2}}{N \sin \frac{\omega u}{2}} \right| \quad (161)$$

$A_p^*$ ..... poměrná amplituda harmonické složky nestejnomyernosti (frekvence  $\omega$ ) vláknenné stužky na sběrném povrchu

$A_3^*$ ..... poměrná amplituda harmonické složky nestejnomyernosti (frekvence  $\omega$ ) vláknenného toku ukládaného na sběrný povrch

$A_p, A_3$ .... absolutní amplitudy příslušných vláknenných útvarů [tex]

$T_{tp}, T_{t3}$  ... střední jemnosti příslušných vláknenných útvarů [tex]

Vztah (161) vyjadřuje zároveň zestejnomyernující účinnost systému cyklického družení.

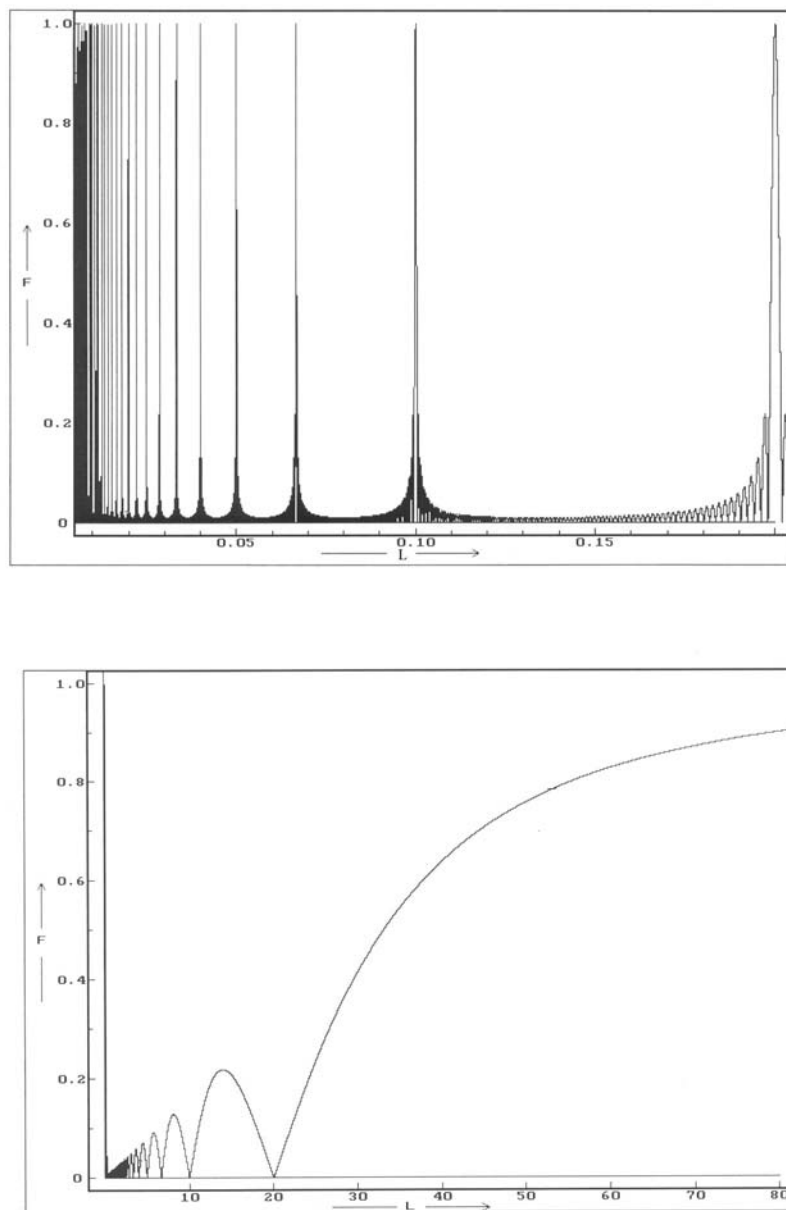
Nahradíme-li úhlovou frekvenci harmonického kmitání  $\omega$  vlnovou délkou  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{2\pi}{\omega} \quad (162)$$

pak lze psát pro výsledný výraz [1]:

$$\left| F_{sIV}^*(\lambda) \right| = \frac{\left| \sin \frac{\pi Nu}{\lambda} \right|}{N \left| \sin \frac{\pi u}{\lambda} \right|} \quad (163)$$

Průběh funkce (163) je patrný z obr.192.



Obr.192 Průběh modulu poměrné přenosové funkce  $|F_{sIV}(\lambda)| \equiv F$  v závislosti na  $\lambda[\text{m}] \equiv L$  ( $N=100; u=0,2\text{m}$ )



Z průběhu grafu je patrná značná zestejnoměrující účinnost na vlnových délkách  $\lambda \leq 1,25Nu$  s výjimkou  $\lambda = u; u/2; u/3; u/4; \dots$  atd.. Naproti tomu nedochází k prakticky žádnému vyrovnávacímu účinku u harmonických složek o vlnové délce  $\lambda > 4Nu$ .

#### Bezvřetenový rotorový spřádací systém jako dynamický systém

Systém bezvřetenového rotorového spřádání je možno rozdělit, jak již bylo uvedeno, na následující charakteristické oblasti [1]:

ústrojí ojednocovací: - oblast podávání  
- oblast vyčesávání  
- oblast dopravy  
- oblast snímání  
- oblast dopravy vláken vzduchem

ústrojí zákrutové: - oblast přechodu vláken na skluzovou stěnu  
- oblast skluzu vláken  
- oblast sběrného povrchu  
- oblast tvorby příze (oblast přeměny stužky v přízi)

Jako dílčí dynamické systémy jsou zpravidla uvažována ta ústrojí, která přetvářejí strukturu podávaného produktu. Mohou být studovány následující procesy:

- a) proces přetvoření pramene v tok ojednocených vláken na vyčesávacím válci, tj. přetvoření v oblasti vyčesávání
- b) proces přetvoření toku vláken snímaného z vyčesávacího válce v tok vláken směřující na skluzovou stěnu spřádacího rotoru, tj. přetvoření v oblasti snímání a dopravy vláken vzduchem
- c) proces přetvoření toku vláken během přechodu vláken ze vzduchového kanálu na sběrný povrch, resp. nejdříve na skluzovou stěnu, tj. přetvoření v oblasti přechodu vlákna na skluzovou stěnu a v oblasti skluzu vláken
- d) proces přetvoření přivedeného toku vláken vlivem cyklického družení, tj. proces přetvoření v oblasti sběrného povrchu
- e) proces přetvoření snímané stužky vláken v útvar – přízi, tj. přetvoření v oblasti tvorby příze

Zmíněný proces můžeme znázornit na blokovém schématu, kde označíme dílčí systémy:

S I ..... systém oblasti vyčesávání

S II ..... systém oblasti snímání a dopravy vláken

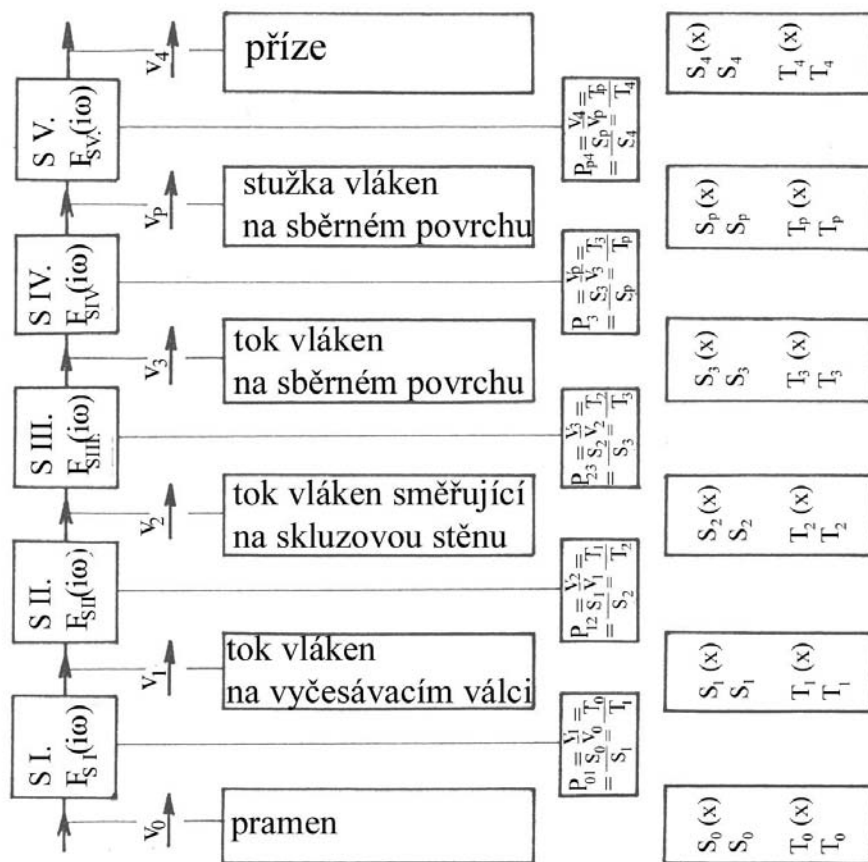
S III ..... systém oblasti přechodu vláken na skluzovou stěnu a skluz vláken

S IV .....systém cyklického družení v oblasti sběrného povrchu

S V ..... systém oblasti tvorby příze

Blokové schéma viz. obr.193.

Na základě pravidel algebry přenosů lze při sériovém řazení dílčích dynamických systémů vycházet z pravidla, že modul přenosu celkového dynamického systému je roven součinu modulů přenosu dílčích dynamických systémů. Tohoto pravidla je možno použít při přibližném řešení systému ojednocovacího ústrojí z hlediska vlivu jeho funkce na hmotnou nestejnou výsledek toku vláken.



Obr.193 Blokové schéma bezvřetenového rotorového spřádacího systému

$F_{SI}(i\omega)$ ,  $F_{SII}(i\omega)$ ,  $F_{SIII}(i\omega)$ ,

$F_{SIV}(i\omega)$ ,  $F_{SV}(i\omega)$ ..... přenosová funkce dílčích systémů S I, ...S V

$v_0$ ..... rychlost podávání pramene [m/min]

$v_1$ ..... obvodová rychlost vyčesávacího válečku [m/min]

$v_2$ ..... rychlost postupu vláken na výstupu ze vzduchového kanálu [m/min]

$v_3$ ..... obvodová rychlost sběrného povrchu spřádacího rotoru [m/min]

$v_p$ .....	rychlost snímání stužky vláken ze sběrného povrchu [m/min]
$v_4$ .....	odtahová rychlost příze [m/min]
$P_{01}$ .....	průtah při ojednocování vláken
$P_{12}$ .....	průtah ve vzduchovém kanálu
$P_{23}$ .....	průtah při přechodu vláken na sběrný povrch
$P_{3p}$ .....	zhuštění při cyklickém družení na sběrném povrchu spřádacího rotoru
$P_{p4}$ .....	zhuštění vlivem zkrácení zákrutem
$P_c$ .....	celkový průtah
$S_0(x); S_0$ .....	počet vláken v příčném průřezu pramene jako funkce délky; střední hodnota funkce $S_0(x)$
$S_1(x); S_1$ .....	počet vláken v příčném průřezu toku vláken na vyčesávacím válci jako funkce délky; střední hodnota funkce $S_1(x)$
$S_2(x); S_2$ .....	počet vláken v příčném průřezu toku vláken ve výstupním průřezu vzduchového kanálu jako funkce délky $x$ (odpovídá součinu rychlostí v tomto průřezu a času); střední hodnota funkce $S_2(x)$
$S_3(x); S_3$ .....	počet vláken v příčném průřezu nedruženého toku vláken na sběrném povrchu jako funkce délky; střední hodnota funkce $S_3(x)$
$S_p(x); S_p$ .....	počet vláken v příčném průřezu stužky jako funkce délky; střední hodnota funkce $S_p(x)$
$S_4(x); S_4$ .....	počet vláken v příčném průřezu příze jako funkce délky; střední hodnota funkce $S_4(x)$
$T_0(x); T_0$ .....	jemnost pramene jako funkce délky; střední hodnota funkce $T_0(x)$ [tex]
$T_1(x); T_1$ .....	jemnost toku vláken na vyčesávacím válci jako funkce délky; střední hodnota funkce $T_1(x)$ [tex]
$T_2(x); T_2$ .....	jemnost toku vláken ve výstupním průřezu vzduchového kanálu jako funkce délky (délka odpovídá součinu rychlostí v tomto průřezu a času); střední hodnota funkce $T_2(x)$ [tex]
$T_3(x); T_3$ .....	jemnost nedruženého toku vláken na sběrném povrchu jako funkce délky; střední hodnota funkce $T_3(x)$ [tex]
$T_p(x); T_p$ .....	jemnost stužky jako funkce délky; střední hodnota funkce $T_p(x)$ [tex]
$T_4(x); T_4$ .....	jemnost příze jako funkce délky; střední hodnota funkce $T_p(x)$ [tex]

### Kinematické veličiny obecného bodu křivky příze

Při řešení tzv. rovinného případu řešení mechaniky příze se vychází z několika zjednodušujících předpokladů [1]:

- příze se považuje za netažnou stejnoměrnou ideální nit
- křivka příze je rovinná a pohybuje se v rovině kolmé k ose rotoru
- jde o rovinnou soustavu sil
- příze se pohybuje v těsné blízkosti rotující odtahové stěny rotoru, tj. v mezní vrstvě vzduchu unášeného touto stěnou, lze tedy zanedbat odpor vzduchu
- tíhová síla příze je zanedbatelná
- unášivá úhlová rychlost příze  $\omega'_p$  je konstantní

g) druhotná rychlost  $v_4$  (rychlost odtahu) je rovněž konstantní

h) křivka příze prochází osou rotace

Souhrn kinematických veličin v obecném bodě křivky příze:

unášivá rychlost .....  $v'_p = \text{konst.}$ , tj.  $\omega'_p = \text{konst.}$  (rotace)

druhotná rychlost .....  $v_4 = \text{konst.}$  (odtah)

unášivé zrychlení : - tangenciální -  $a_{ut} = r \cdot \frac{\partial \omega'_p}{\partial \tau} = 0$

- normální -  $a_{un} = r \cdot \omega_p'^2$

relativní (druhотné)

zrychlení: - tangenciální -  $a_{rt} = \frac{\partial v_4}{\partial \tau} = 0$

- normální -  $a_{rn} = \frac{v_4^2}{\rho}$

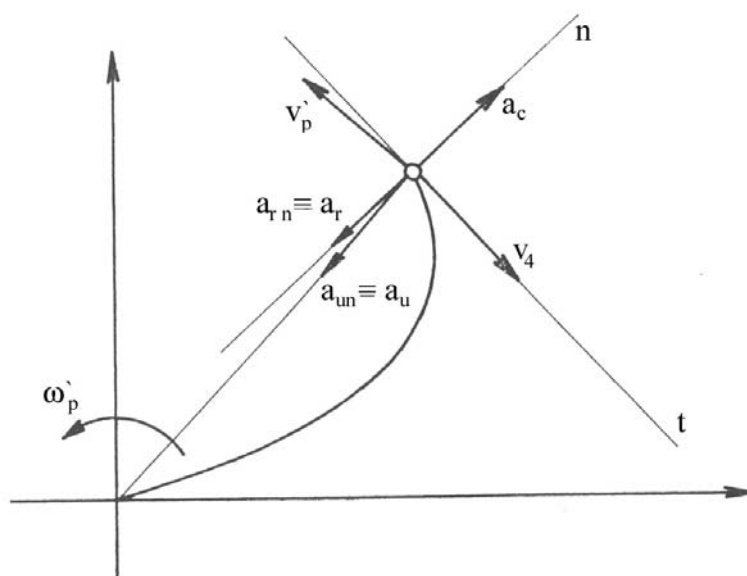
Coriolisovo zrychlení -  $a_c = 2\omega'_p \cdot v_4$

$r$  ... délka radiusvektoru daného bodu křivky příze

$\rho$  ... poloměr křivosti křivky příze v daném bodě

$\tau$  ... čas

Souhrn kinematických veličin obecného bodu křivky příze je znázorněn na obr.194.



Obr.194 Kinematické veličiny obecného bodu křivky příze

### Dílčí průtahy a celkový průtah v bezvřetenovém rotorovém spřádacím systému

Dílčí průtahy mezi jednotlivými charakteristickými místy spřádacího systému jsou následující:

- a) průtah při ojednocení vláken

$$P_{01} = \frac{v_1}{v_0} = \frac{T_0}{T_1} \quad (164)$$

Jeho hodnota je řádově  $10^3$ - $10^4$

- b) průtah ve vzduchovém, dopravním kanálu

$$P_{12} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{T_1}{T_2} \quad (165)$$

Jeho hodnota je zpravidla menší než 2

- c) průtah při přechodu vláken na sběrný povrch

$$P_{23} = \frac{v_3}{v_2} = \frac{T_2}{T_3} \quad (166)$$

Jeho hodnota je menší než 10

- d) zhuštění při cyklickém družení na sběrném povrchu

$$P_{3p} = \frac{v_p}{v_3} = \frac{T_3}{T_p} \quad (167)$$

Je řádově  $10^{-3}$

- e) zhuštění při zkrácení zákrutem

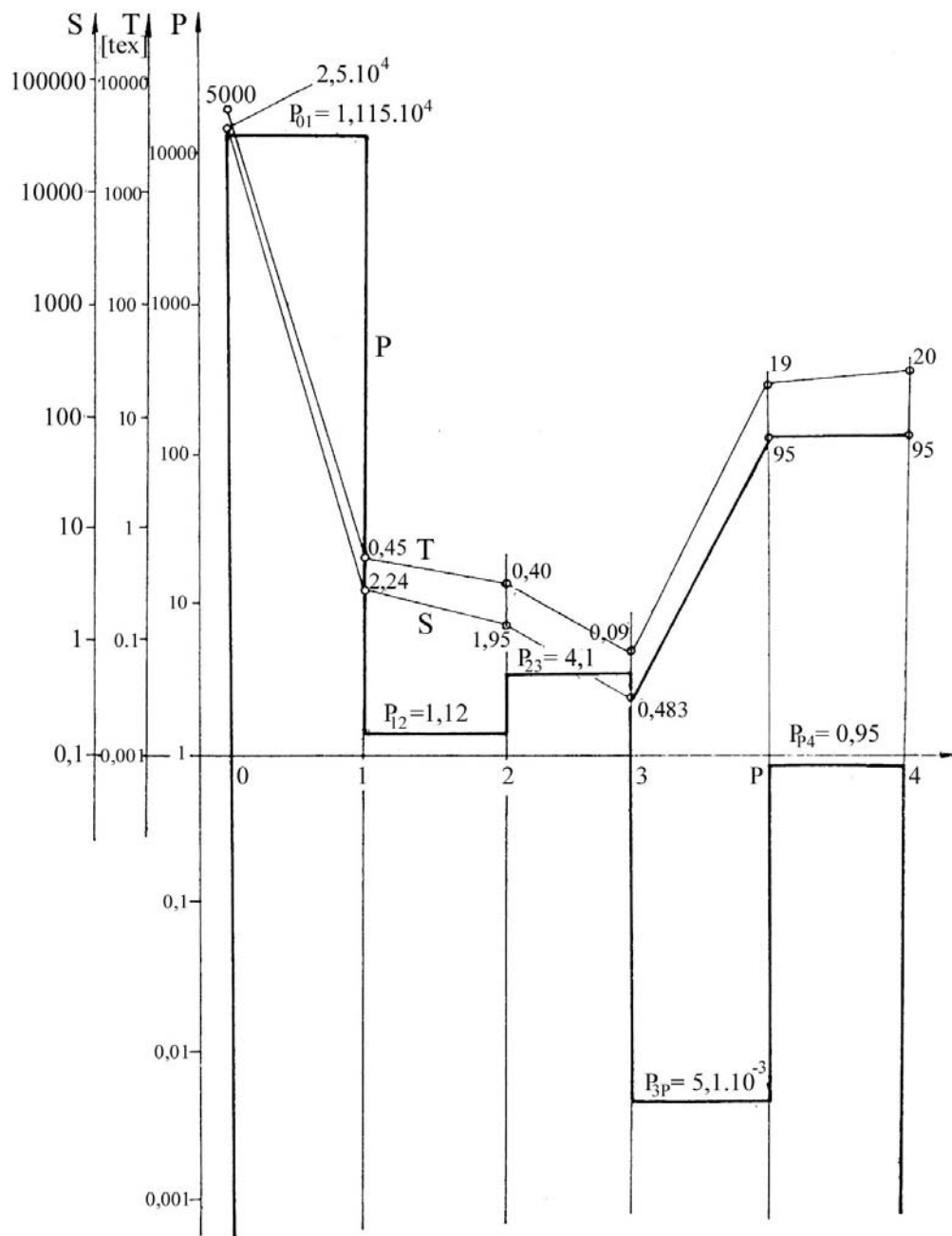
$$P_{p4} = \frac{v_4}{v_p} = \frac{T_p}{T_4} = \eta \quad (168)$$

Koeficient  $\eta$  je menší než 1

Z přehledu dílčích průtahů vyplývá, že od vstupu do ojednocovacího ústrojí až po sběrný povrch dochází k velmi vysokému průtahu a naopak v další fázi od sběrného povrchu k odtahovým válcům dochází ke zhušťování. Celkový průtah je pak dán součinem dílčích průtahů, tj.:

$$P_c = P_{01} \cdot P_{12} \cdot P_{23} \cdot P_{3p} \cdot P_{p4} = \frac{v_4}{v_0} \quad (169)$$

Přehledně jsou uvedené dílčí průtahy znázorněny v grafu na obr.195.



Obr.195 Dílčí průtahy P, jemnost vlákenného produktu T, počet vláken S v příčném průřezu v jednotlivých oblastech bezvřetenového rotorového spřádacího systému

- 0 ... podávací ústrojí (pramen)
- 1 ... oblast dopravy vláken vyčesávacím válcem (tok vláken)
- 2 ... oblast dopravy vláken vzduchem (tok vláken)
- 3 ... sběrný povrch (tok vláken)
- P ... sběrný bod (stužka vláken)
- 4 ... odtah (příze)

Příklad technologického výpočtu stroje BD 200-R (náhonové schéma s měnami zákrutu a průtahu)

Schéma pohonu stroje BD-200R je uvedeno na obr.196.

Při technologickém výpočtu vycházíme ze zadané jemnosti příze, pramene, součinitele zákrutu  $am$ .

Určení měny zákrutové -  $MZ$ :

Počet zákrutů příze  $Z$ :

$$Z = am \cdot \frac{100}{\sqrt[3]{T_4^2}} \quad (170)$$

$am$ ... součinitel zákrutu [ $g^{2/3} \cdot m^{-5/3}$ ]

$T_4$ ... jemnost příze [tex]

$Z$ ... počet zákrutů příze [1/m]

Odtahová rychlost  $v_4$

$$Z = \frac{n_3}{v_4} \quad (171)$$

$$v_4 = \frac{n_3}{Z} \quad (172)$$

$n_3$ ... frekvence otáčení rotoru [1/min]

$v_4$ ... odtahová rychlost příze [m/min]

$$v_4 = \pi d_4 n_m \cdot \frac{150}{B_x} \cdot \frac{7}{17} \cdot \frac{12}{59} \cdot \frac{31}{MZ} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{69}{51} \cdot \frac{100}{100} \quad (173)$$

$d_4$ ... průměr odtahového válce [m]

$n_m$ ... frekvence otáčení elektromotoru [1/min]

Veličinu odtahové rychlosti  $v_4$  je možno vyjádřit

$$v_4 = \frac{K}{B_x \cdot MZ} \quad (174)$$

$B_x$ ... průměr výměnné řemenice na převodovce [mm]

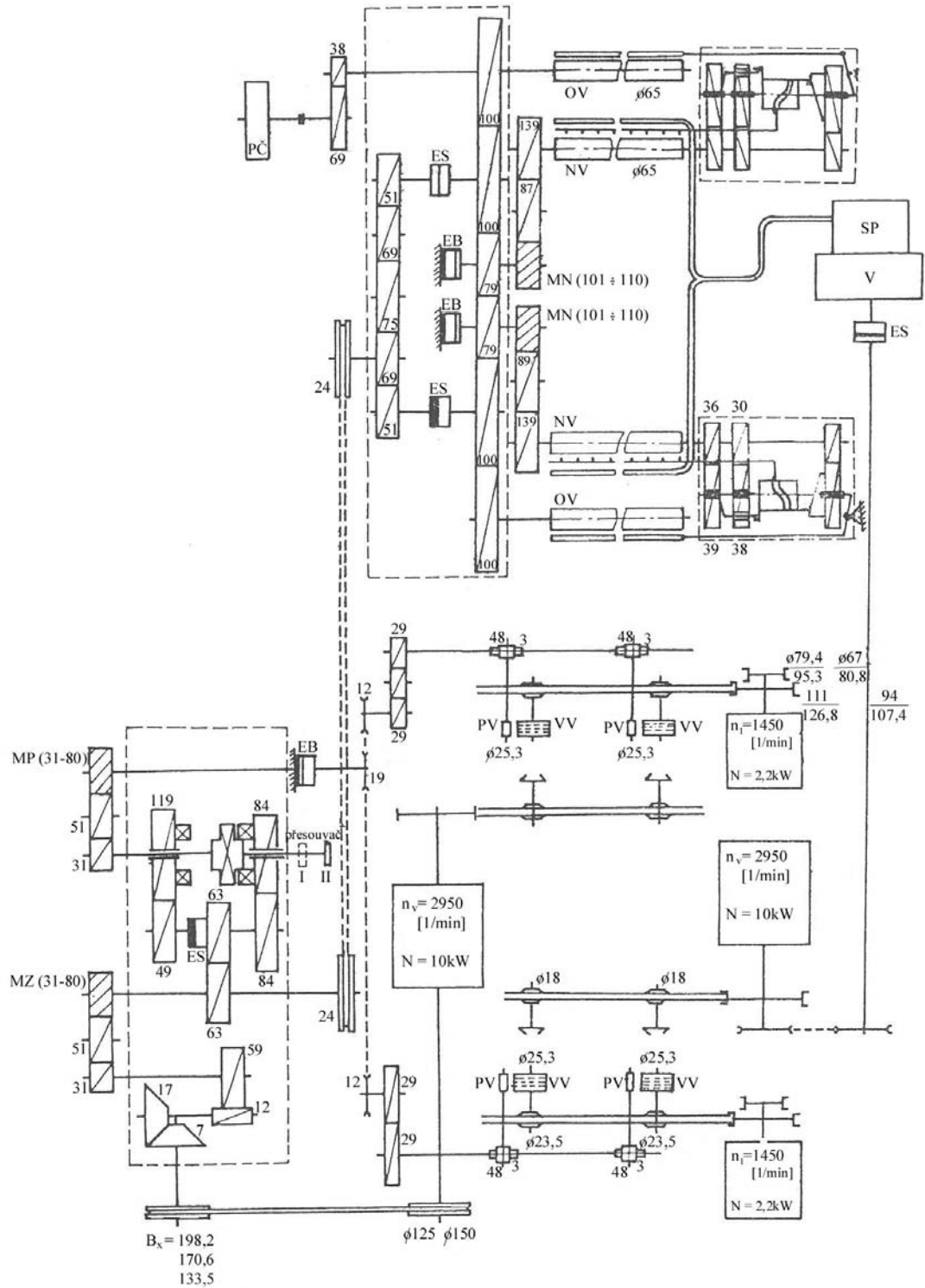
$K$ ... konstanta zákrutu

$MZ$ .. měna zákrutová

Pro  $MZ$ :

a) Je-li  $B_x = 198,2$  mm (pro  $v_{4max} = 51,6$  m/min)

$$MZ = \frac{1601,37}{v_4} \quad (175)$$



Obr.196 Schéma pohonu rotorového dopřádacího stroje – příklad náhonového schématu s měnou zákrutu a měnou průtahu (BD 200R)



b) Je-li  $B_x = 170,6$  mm (pro  $v_{4max} = 60,0$  m/min)

$$MZ = \frac{1860,44}{v_4} \quad (176)$$

c) Je-li  $B_x = 133,5$  mm (pro  $v_{4max} = 76,5$  m/min)

$$MZ = \frac{2377,47}{v_4} \quad (177)$$

Určení měny průtahové – MP:

a) přesouvač v poloze I

$$MP = P \frac{d_0}{d_4} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{51}{69} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{63}{63} \cdot \frac{84}{84} \cdot \frac{31}{12} \cdot \frac{19}{29} \cdot \frac{29,3}{48} = 0,882 \cdot P \quad (178)$$

b) přesouvač v poloze II

$$MP = P \frac{d_0}{d_4} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{51}{69} \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{63}{63} \cdot \frac{49}{119} \cdot \frac{31}{12} \cdot \frac{19}{29} \cdot \frac{29,3}{48} = 0,363 \cdot P \quad (179)$$

Napětí mezi odtahem a návínem, určení měny navíjení  $MN$

$$P_n = \left( \frac{v_4}{v'_4} \right) = \frac{139}{MN} \frac{79}{100} \quad (180)$$

$v_4$ ... odtahová rychlost

$v'_4$ ... navíjecí rychlost

$P_n$ ... poměr odtahové ku navíjecí rychlosti

$$MN = \frac{109,81}{P_n} = \frac{109,81 \cdot v'_4}{v_4} \quad (181)$$

Výpočet teoretické produkce stroje:

$$Q_t = v_4 \cdot T_4 \cdot 0,012$$

$Q_t$ ... teoretická produkce stroje (200 spřádacích jednotek) [kg/hod]

Příklad výpočtu:

Zadané veličiny:  $T_4 = 25$ tex

$T_0 = 3,57$ ktex

$am = 80$  (ba AI)

Výpočet  $MZ$ :

$$Z = am \cdot \frac{100}{\sqrt[3]{T_4^2}} = \frac{80 \cdot 100}{\sqrt[3]{25^2}} = 936 \text{ 1/m}$$

(pozn. frekvenci rotoru jsme zvolili  $n_3 = 36\,000$  1/min)

$$v_4 = \frac{n_3}{Z} = \frac{36000}{936} = 38,5 \text{ m/min}$$

Použijeme-li rozsahu odtahových rychlostí do 60m/min, pak:

$$MZ = \frac{1860,44}{38,5} = 48$$

Výpočet  $MP$ :

Přesouvač v poloze I

$$P = \frac{3570}{25} = 142,8$$

$$MP = P \cdot 0,882 = 126 \text{ ..... na stroji nelze zajistit (MP= 31-80)}$$

Přesouvač v poloze II

$$MP = P \cdot 0,363 = 52$$

Výpočet teoretické produkce stroje

$$Q_t = 38,5 \cdot 25 \cdot 0,012 = 11,55 \text{ kg/hod}$$

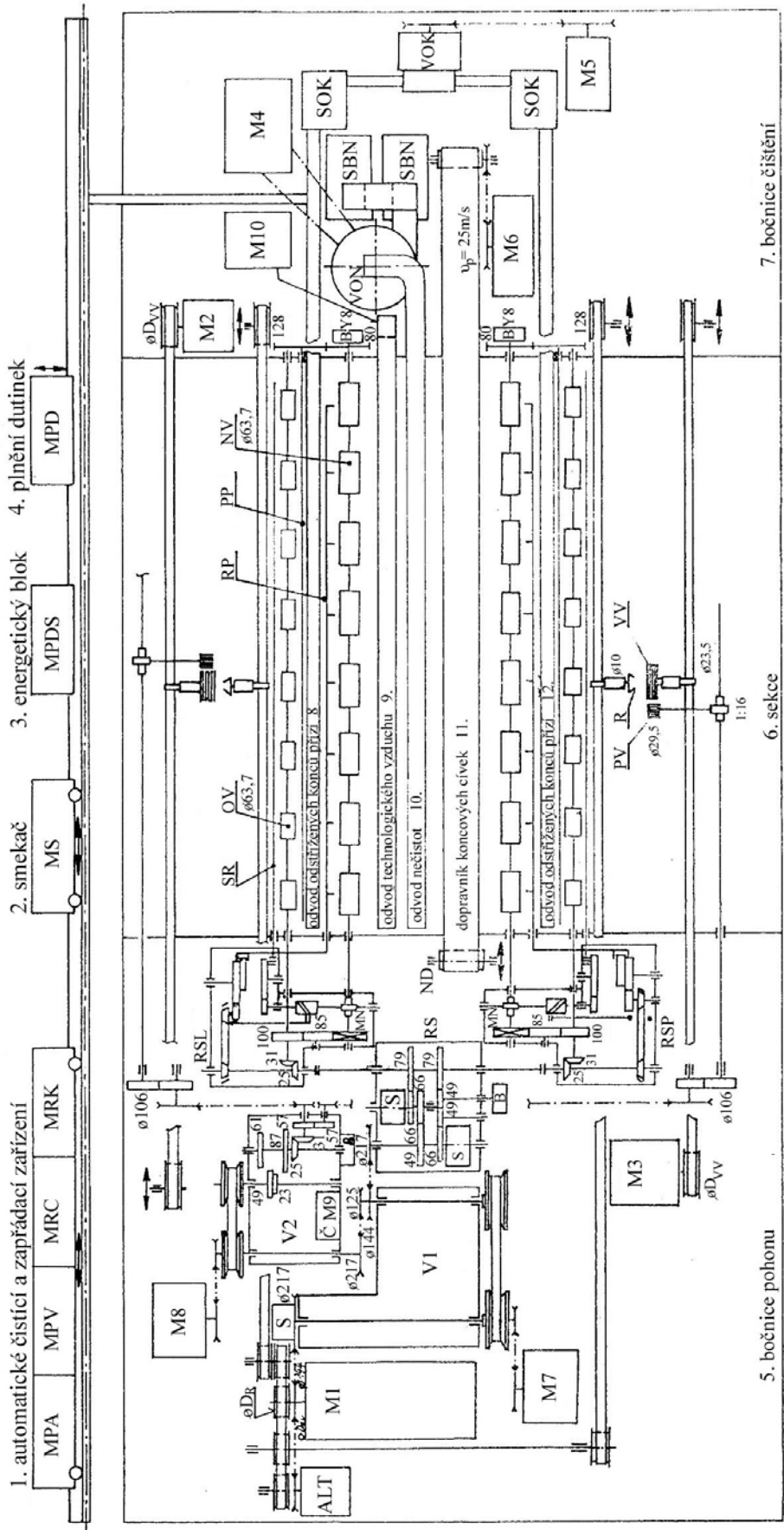
#### Náhonové schéma s variátorem podávání a odtahu

Modernější rotorové dopřádací stroje (např. již rotorové stroje BDA10, BDA 11) používají odlišného systému pohonu. Hlavním rozdílem, který se týká bezprostředně nastavování hlavních technologických parametrů rotorového dopřádacího stroje, tj. strojového zákrutu a průtahu, je použití variátoru odtahu a variátoru podávání - obr.197. Variátory udržují nastavené hodnoty příslušných technologických parametrů automaticky na konstantní hodnotě a jsou ovládány servomotory. Minimální a maximální hodnoty odtahových rychlostí a průtahu v uvedeném příkladu stroje jsou  $v_{4 \min} = 23,9 \text{ m/min}$ ,  $v_{4 \max} = 162 \text{ m/min}$ , průtah  $P_{\min} = 40$ ,  $P_{\max} = 243$  (poloha přesouvadla I),  $P_{\min} = 14$ ,  $P_{\max} = 95$  (poloha přesouvadla II).

Nastavením příslušného převodu variátorů zajistíme v případě variátoru odtahu určitý strojový zákrut a v případě variátoru podávání určitý strojový průtah.

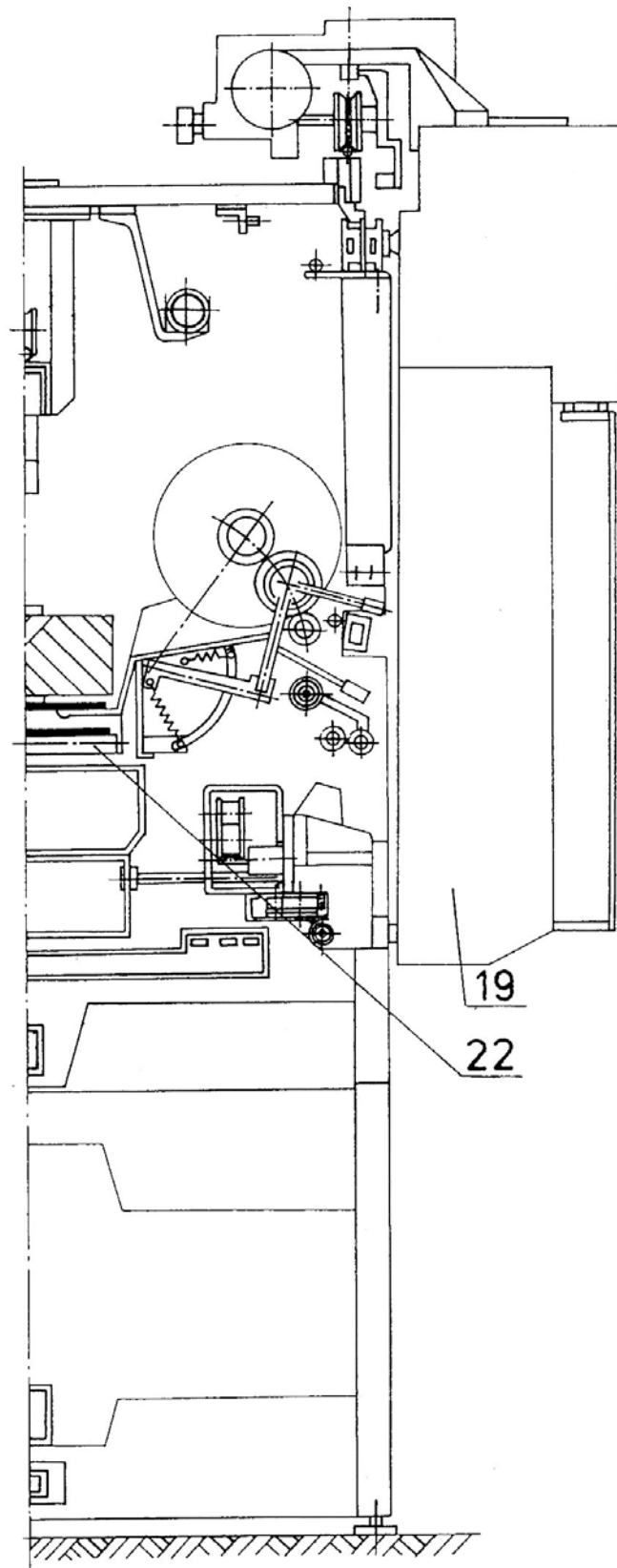
Popis k obrázku 198:

- V 1 ..... variátor odtahu
- V 2 ..... variátor podávání
- RS..... skříň reverzace
- S ..... spojka
- B..... brzda
- $\emptyset D_R$  ..... výměnná řemenice pohonu rotorů
- $\emptyset D_{VV}$  ..... výměnná řemenice pohonu vyčesávacích válců
- ALT ..... alternátor



Obr.197 Schéma pohonu rotorového dopřadáčho stroje - příklad náhonového schématu s variátorem podávání a odtahu (BDA10)

RSP .....	rozdávěcí skříň pravá
RSL .....	rozdávěcí skříň levá
MN .....	měna napětí při navíjení
ND .....	napínání dopravníku
VV.....	vyčesávací váleček
SR .....	spodní rozvádění
OV .....	odtahový válec
RP .....	rozdávění příze
PP .....	pohon parafinování a zvedání cívky
NV .....	navíjecí válec
PV .....	podávací válec
R .....	rotor
VON .....	ventilátor odvodu nečistot
SBN .....	sběrač nečistot
SOK .....	sběrač odstř. konců přízí
VOK .....	ventilátor odstřiž. konců přízí
MPA .....	pohon pojezdu AČZ (automatické čištění a zapřádání)
MPV .....	pohon vaček AČZ
MRC .....	pohon roztáčení cívek
MRK .....	pohon roztáčení spř. rotorů
MS .....	pohon smekače
MPDS .....	posun dutinek na stroji
MPD .....	pohon plnění dutinek
Č .....	čerpadlo
M 1 .....	pohon rotorů a stroje
M 2 .....	pohon ojednocovacího ústrojí
M 3 .....	pohon ojednocovacího ústrojí
M 4 .....	pohon vent. odvodu nečistot
M 5 .....	pohon vent. odstřiž. konců
M 6 .....	pohon dopr. konc. cívek
M 7 .....	pohon regul. variátoru V1
M 8 .....	pohon regul. variátoru V2
M 9 .....	pohon čerpadla oleje



Obr.198 Řez strojem BDA 10 se snímacím zařízením a zapřádacím automatem



Popis k obr.198, 199

1. nosná část
2. postranice
3. podávací hřídel
4. spřádací jednotka
5. odtahový hřídel
6. zapřádací páka nové konstrukce
7. navíjecí válec
8. navíjecí rameno
9. podtlakový kanál 3.ruky
10. kanál technologického vzduchu
11. kanál odvodu nečistot
12. vodící kladka řemene pro pohon rotorů
13. vodící kladka řemene pro pohon VV (vyčesávacích válců)
14. kanál pro rozvod elektrokabelů
15. přípojnice – elektrický proud pro spřádací jednotky
16. energetický blok
17. podtlakový kanál pro SMZ a AČZ
18. SMZ (smekací zařízení)
19. AČZ (automat čištění a zapřádání)
20. cívka s přízí
21. zásobní dutinka pro SMZ
22. dopravník cívek

Příklad čistícího ústrojí rotorového spřádacího systému je uveden na obr.200

#### Stručný popis spřádací jednotky strojů BD 200 [1]

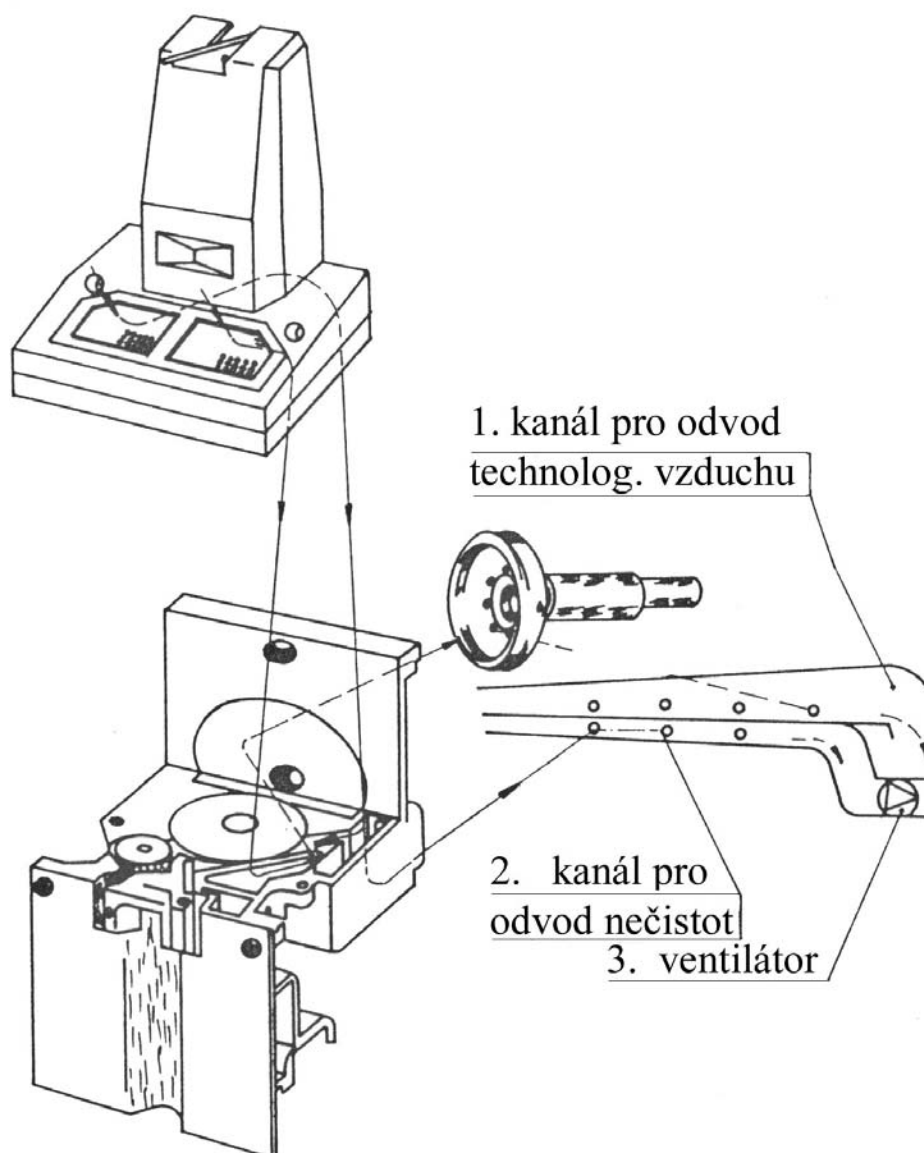
Spřádací jednotka (obr.201) se skládá z následujících základních celků:

- ojednocovací ústrojí
- zákrutové ústrojí
- čidlo přetrhu

#### Ojednocovací ústrojí

V tělese ojednocovacího ústrojí, v horní části se nachází podávací ústrojí (zhušťovač, podávací váleček a přítlačný stoleček se seřizovatelným pružinovým přítlakem).

Vyčesávací válec je v dutině ojednocovacího tělesa zajištěn fixačním šroubem. Horní čelo vyčesávacího válečku je zapuštěno 0,3 mm pod horní plochu tělesa. Prostor vyčesávacího válečku uzavírá základová destička čidla přetrhů. Obvod dutiny, v níž je uložen vyčesávací váleček, lze z hlediska jeho funkcí rozdělit, jak již bylo uvedeno, na oblast podávání, vyčesávání, dopravy snímání; tato oblast přechází v přívodní kanál, jímž se sejmutá vlákna dopravují do spřádacího rotoru.

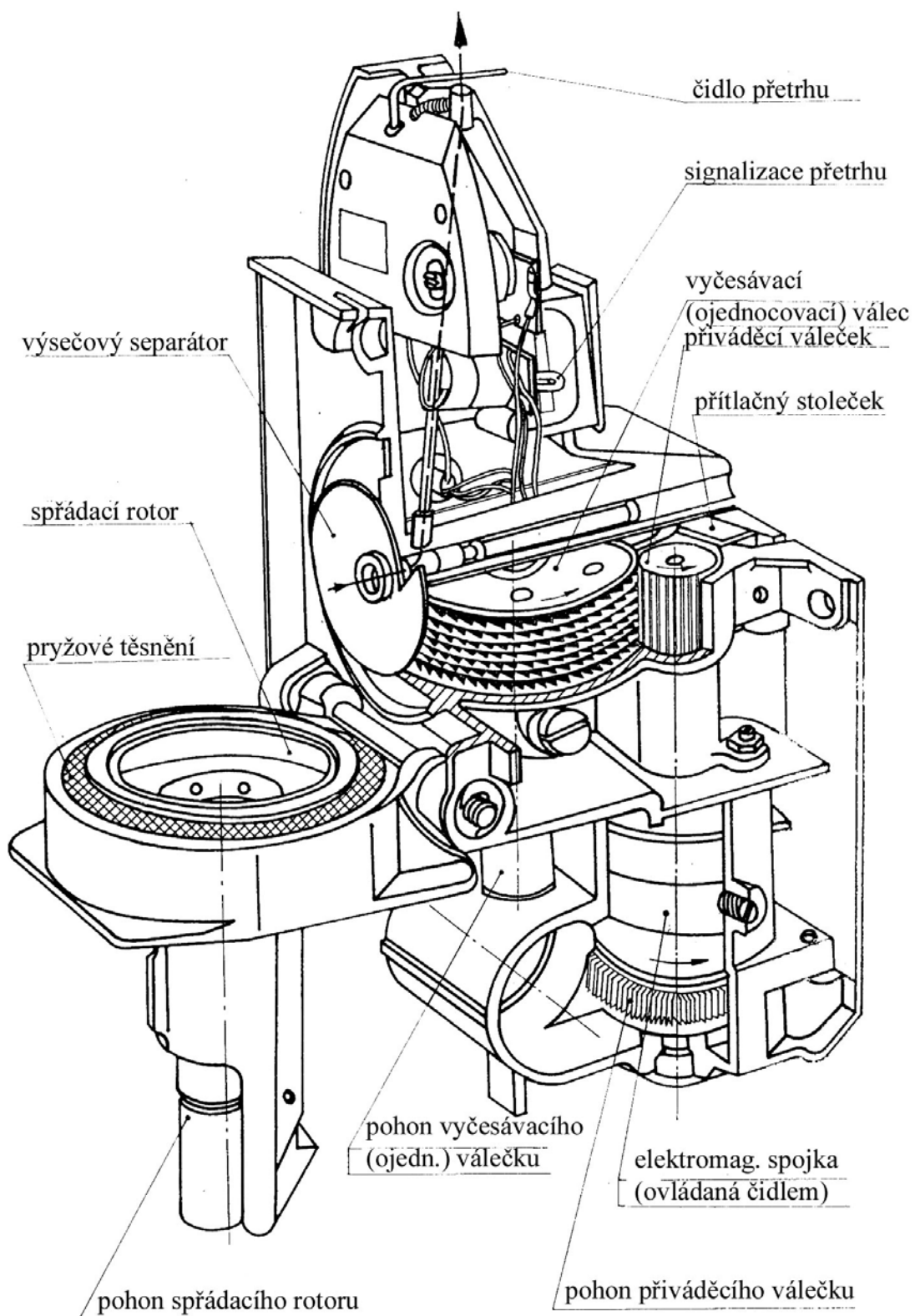


Obr.200 Příklad čistícího systému spřádací jednotky (BD 200RN)

### Zákrutové ústrojí

Zákrutové ústrojí je otočně zavěšeno na ojednocovacím tělese. Má vlastní těleso s difuzorem, ve kterém je uložen spřádací rotor. Rotor má valivé uložení, řemeničku a vlastní spřádací rotor. Zvolenou frekvenci otáčení přenáší na řemeničku tangenciální řemen. Spřádací rotor má ventilační otvory pro vytvoření potřebného podtlaku pro dopravu vláken do rotoru a nasátí zapřádací příze.





Obr.201 Řez spřádací jednotkou stroje BD 200

## Čidlo přetrhu

Čidlo přetrhu je elektromagnetické zařízení k zachycení přetrhu příze s optickou signalizací. Čidlo plní dále tyto funkce: při přetrhu přerušuje dodávku pramene do spřádací jednotky, při hromadném i jednotlivém odstranění přetrhu zapíná podávání pramene a při zastavení stroje zajistí přízi proti rozkroucení a fixuje její polohu v trubičce.

Pro objasnění principu rotorového dopřádání systémů byl použit příklad stroje typové řady BD 200. Tato typová řada doznala mimořádně širokého průmyslového rozšíření.

Současný vývoj rotorových dopřádacích strojů je charakterizován stupňováním frekvence otáčení rotorů, automatizací provozu stroje.

## Vlastnosti rotorové příze

Odlišný systém tvorby rotorové příze v porovnání s prstencovým dopřádáním vede k odlišné struktuře u rotorové příze a tím i samozřejmě k odlišným vlastnostem.

V této fázi shrňme důležité vlastnosti přízi.

Při posuzování rotorových přízi se sledují zejména následující vlastnosti resp. jejich ukazatele:

- střední poměrná pevnost  $R_p$  [N/tex]
- variační koeficient pevnosti  $v_p$  [%]
- variační koeficient jemnosti  $v_T$  [%]
- vzhled příze

U rotorové příze jsou hodnoty poměrné pevnosti nižší, avšak variační koeficienty a vzhled lepší v porovnání s odpovídající klasickou přízí. Hmotová nestejnomyšnost rotorové příze je nižší než u odpovídající klasické příze.

Nižší pevnost rotorové příze, se vysvětluje nižší úrovní průměrného koeficientu napřimění a zapředení vláken, neboli nižším využitím délky vláken ve struktuře příze.

V posledních výzkumných pracích se uvádí výrazně nižší úroveň amplitudy migrace u přízi rotorových v porovnání s klasickými. To může vést k poněkud nižší kompaktnosti struktury rotorové příze. V každém případě střední pevnost je u rotorové příze nižší než u příze klasické. Vzhledem k tomu, že variační koeficient pevnosti je však výrazně nižší u rotorové příze, může nastat případ, že minimální pevnosti jak u příze rotorové, tak příze prstencové, jsou přibližně na stejné úrovni.

Další z důležitých užitných vlastností příze, jež se poměrně značně odlišuje od příze klasické, je hmotová nestejnomyšnost. Hlavní příčinou je vliv cyklického družení. Rozbor systému cyklického družení byl již podrobně proveden a odtud vyplývá i rozsah harmonických složek hmotové nestejnomyšnosti, jež jsou systémem cyklického družení tlumeny.

Výsledkem je v praxi obvykle nižší úroveň hmotné nestejnomyšnosti (U % nebo CV%).

Z dalších důležitých vlastností stručně uvedme vyšší objemnost rotorové příze i při poněkud vyšší zákrutu, prakticky stejnou odolnost v únavě, větší odolnost v oděru, menší počet vad (slabá místa, nopky, silná místa). Rotorová příze má lepší tepelně izolační vlastnosti, nižší chlupatost, vyšší afinitu k barvivům.

### Vysokoobrátkové dopřádání

Zvyšování frekvence otáčení rotoru má zřejmý význam. Jde především o nárůst teoretické produkce.

$$Q = n_3 \frac{\sqrt[3]{T_4^5}}{am} \cdot \frac{6}{10^4} \quad (182)$$

$Q$ ... teoretická produkce (výrobnost) jednoho přádního místa [g/hod]

$n_3$  ... frekvence otáčení rotoru [1/min]

$T_4$ ... jemnost příze [tex]

$am$ ... zákrutový součinitel příze [ $g^{2/3} \cdot m^{-5/3}$ ]

Ze vztahu (182) je zřejmé, že teoretická výrobnost spřádací jednotky roste lineárně s frekvencí otáčení rotoru při určité jemnosti a součinitele zákrutu.

Je tedy pochopitelná snaha zvyšovat frekvenci otáčení rotoru na co nejvyšší hodnotu.

Zároveň však vzniká celá řada problémů, které můžeme členit následujícím způsobem:

- I. Problémy textilně technologické: a) faktory průběhu procesu spřádání  
b) vlastnosti výsledné příze
- II. Problémy energetické a lidský faktor
- III. Problémy strojně – konstrukční

Podrobnější rozdělení uvedených problémů rotorového předení (ad I, ad II) na strojích vyšší generace:

- I. Problémy textilně – technologické:
  - a) Faktory průběhu procesu spřádání
    1. Osová síla v přízi při předení

2. Přetřhovost
  3. Vylučování nečistot
  4. Hranice výpředu
  5. Proces ojednocování
  6. Proces zakrucování
  7. Stabilita procesu předení
- c) Vlastnosti výsledné příze

1. Pevnost příze
2. Tažnost
3. Hmotová nestejnomyěrnost, vady

## II. Problémy energetické a lidský faktor

1. Spotřeba energie jako ekonomický faktor
2. Požadavky na automatizaci
3. Pracovní prostředí

Uvedme podrobněji z uvedených faktorů osovou sílu v přízi, přetřhovost, vylučování nečistot.

Osová síla v přízi při předení [46]

Poměrná osová síla v přízi na úrovni odtahového otvoru je:

$$R_v = \frac{n_3^2 \cdot r_3^2 \cdot 9,81}{1,8 \cdot 10^{15}} \quad (183)$$

$R_0$  ... poměrná osová síla v přízi na úrovni odtahového otvoru [N/tex]

$n_3$  ... frekvence otáčení rotoru [1/min]

$r_3$  ... poloměr sběrného povrchu rotoru [mm]

V důsledku zalomení odtahových cest dochází ke zvyšování osové síly. Střední hodnota poměrné osové síly za výstupním otvorem ze zapřádací trubice je:

$$R_v = R_0 \cdot e^{\sum_{i=1}^k \mu_i \cdot \alpha_i} \quad (184)$$

$R_v$  ... střední hodnota poměrné osové síly za výstupním otvorem [N/tex]

$\mu_i$  ... koeficient tření příze v i-tém průřezu odtahové cesty

$\alpha_i$  ... úhel opásání příze v i-tém zlomu odtahové cesty

$k$  ... počet zlomů odtahové cesty

Na základě zjištěných tendencí ve sféře osově síly je tudíž třeba při aplikaci vysokoobrátkového rotorového předení respektovat tyto skutečnosti:

- a) Nárůst otáček  $n_3$  může způsobit neúnosné zvýšení střední hodnoty osově síly a zejména maximálních výchylek osově síly, což by vedlo k vysoké přetrhovosti.
- b) Snížení poloměru  $r_3$  sice zajistí pokles osově síly, avšak zde jsme omezeni zejména délkou vlákna. Snižovat  $r_3$  lze proto jen na určitou úroveň ve vztahu ke střední délce vlákna.
- c) Další rezervou jsou odtahové cesty. Jejich uspořádání by mělo vyhovovat podmínce minima  $\sum^k \mu_i \cdot \alpha_i$ . Tato podmínka zřejmě vyžaduje co nejjednodušší průchod příze odtahovými cestami. Důležitý je materiál nálevky, jak z hlediska míry zvýšení osově síly, tak i z hlediska přenosu zákrutu.
- d) Ukazuje se nezbytná podmínka dodržení jisté úrovně hmotné stejnoměrnosti příze i z hlediska stability předení, neboť event. větší kolísání  $T_4$  má za následek pronikavější výchylky osově síly v přízi.

## Přetrhovost

Přetrhovost je významným činitelem určujícím stabilitu spřádacího procesu.

Problematika přetrhovosti je sledována v souvislosti s procesem zapřádání a procesem stacionárního předení.

## Osová síla v přízi při zapřádání

Zákonitosti týkající se velikosti střední hodnoty osově síly a výkyvu této síly přísluší stacionární funkci spřádacího systému.

Při zapřádání nastává reverzace pohybu příze a zvětšení hmoty příze v místě zápredku. Tyto faktory vyvolávají zvýšení osově síly při zapřádání. Je nutno, aby toto zvýšení bylo nižší než minimální pevnost příze. Z teoretické analýzy [46] plyne, že důležitou je v této fázi minimální pevnost příze.

Úroveň minimální pevnosti závisí na její střední hodnotě a variačním koeficientu (185). Zvýšení střední hodnoty pevnosti bude možno zajistit optimálním působením odtahové nálevky z hlediska přídavného krutného účinku. Podmínka stanovená v práci [46]:

$$R_p + f(r) \cdot \frac{R_p v_p}{100} > \chi \cdot R_v \quad (185)$$

$R_p$ ... střední hodnota pevnosti příze [N/tex]

$f(r)$ ... faktor jako funkce rizika výskytu přetrhů pro předpokládané normální rozdělení pevnosti rotorové příze – tzv. kvantil normálního rozdělení

$v_p$ ... variační koeficient pevnosti [%]

$\chi$ ... empirický faktor zvýšení osově síly v přízi

$R_v$ ... střední osová síla v přízi [N/tex]

Nerovnost (185) stanoví podmínku, že úroveň osově síly při zapřádání je nižší než úroveň minimální pevnosti příze. Pomocí této nerovnosti lze při vyjádření střední osově síly  $R_v$  teoreticky stanovit riziko přetrhu při zapřádání v závislosti na důležitých technologických parametrech (např. v závislosti na frekvenci otáčení rotoru) [62].

### Vylučování nečistot

Usazování nečistot v rotoru je problém, který se vyskytuje zejména s růstem frekvence otáčení rotoru. Při vyšší frekvenci otáčení vzrůstá odstředivá síla působící na částičky v rotoru, snižuje se možnost zapředení této nečistoty a dochází ke vzniku tzv. „moiré“ efektu. To vede k požadavku dokonalého čištění pramene, ať již před rotorovým dopřádáním nebo v rámci procesu rotorového předení (v ojednocovací zóně).

Důsledky nahromaděných nečistot v rotoru se neprojevují pouze vznikem výše uvedených vad, nýbrž jsou ovlivňovány další vlastnosti. Zvyšuje se přetřhovost, snižuje se odolnost vůči oděru, pevnost v tahu a odolnost vůči cyklickému namáhání, zvyšuje se hmotová nestejnomyšnost a chlupatost příze. Periodická nestejnomyšnost příze obsahuje složky se základní vlnovou délkou rovnou obvodu rotoru a s odvozenými vlnovými délkami.

### Hmotová nestejnomyšnost rotorové příze

U rotorového předení má zásadní význam pro hmotnou stejnoměrnost příze tzv. cyklické družení. Míra cyklického družení je však ovlivňována mj. poloměrem sběrného povrchu, jak to plyne z následujícího vztahu:

$$N = \frac{v_3}{v_p} = \frac{2\pi r_3 n_3}{v_p} = \frac{2\pi r_3 n_3}{v_4} \eta \quad (186)$$

$$N = 2\pi r_3 Z \eta$$

$N$ ... hodnota cyklického družení

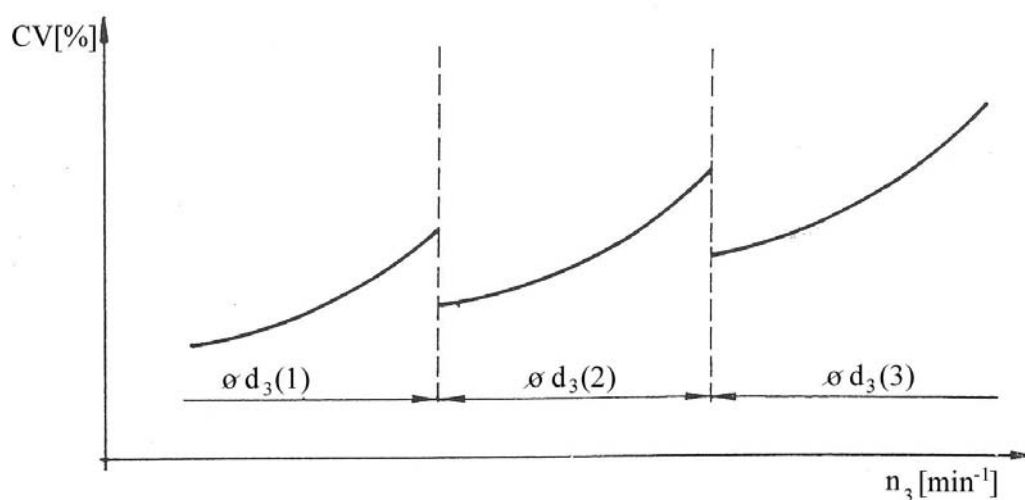
$v_3$ ... obvodová rychlost sběrného povrchu [m/min]

$v_p$ ... rychlost sběru stužky ze sběrného povrchu [m/min]

$r_3$ ... poloměr sběrného povrchu rotoru [m]  
 $n_3$ ... frekvence otáčení rotoru [1/min]  
 $v_4$ .. rychlost odtahu příze [m/min]  
 $\eta$ ... koeficient zkrácení  
 $Z$ ... strojový zákrut příze [1/m]

Pro danou jemnost příze a pro určitý součinitel zákrutu se snižujícím se  $r_3$ , s rostoucí frekvencí otáčení rotoru  $n_3$  dochází ke snižování hodnoty cyklického družení. S rostoucí frekvencí otáčení rotoru roste hodnota CV (kvadratická nestejnomyernost příze), avšak při použití rotoru menšího průměru při dané frekvenci otáčení dochází k poklesu CV a dále opět dochází s rostoucí frekvencí otáčení rotoru k nárůstu CV.

Zmíněná změna je na první pohled překvapivá, vzhledem k uvedené zákonitosti vlivu obvodu resp. průměru sběrného povrchu na cyklická družení N, avšak v dané souvislosti se uplatňuje ještě vliv periodických složek, které rotorem daného průměru nelze vyrovnat. Jde o složky s vlnovou délkou  $\lambda = u; u/2; u/3; \dots$ , atd., které i při velmi nízké amplitudě mají výrazný vliv na výsledné CV. V případě menšího rotoru se jedná o menší rozsah těchto složek (minimální vlnová délka je daná reálnou měřicí schopností aparatury pro zjišťování hmotové nestejnomyernosti a je bez ohledu na průměr rotoru konstantní) a tudíž přídavná složka hmotové nestejnomyernosti daná menším rozsahem nevyrovnatelných složek je menší než v případě většího rotoru. Známý průběh závislosti  $CV=f(n_3)$  (viz. obr.202) má své příčiny ve struktuře hmotové stejnoměrnosti vláknenného toku jako výsledného produktu ojednocovacího ústrojí a specifickém vlivu průměru sběrného povrchu rotoru.



Obr.202 Vliv frekvence otáčení rotoru  $n_3$  na kvadratickou nestejnomyernost příze CV  
 $d_3(1) > d_3(2) > d_3(3)$ ... průměry sběrného povrchu rotoru

## Požadavky na automatizaci

Pro automatizaci rotorového dopřádacího stroje hovoří v zásadě tři důvody:

- a) Technologické důvody, např. používání vysokých odtahových rychlostí a s tím spojené problémy při zapřádání a výměně cívek, požadavky na kvalitu zápředku.
- b) Ekonomické důvody – možnost zvýšení produktivity práce, vyšší využití stroje, snížení mzdových nákladů resp. změna struktury nákladů na kg příze.
- c) Důvody týkající se pracovních podmínek. Odstranění namáhavé a jednotvárné práce včetně uvolnění od zmíněných prací v nočních směnách.

Zaměříme se nyní na otázku, které pracovní úkony lze automatizovat. Především se jedná o následující úkony:

- výměna koncových cívek
- likvidace přetrhů (včetně čištění rotoru)
- výměna předlohových konví

Plně automatizovaný rotorový stroj by měl mít elektronický řídicí systém:

- měření, výpočet a zobrazení strojně technologických parametrů
- regulace strojně technologických parametrů
- hromadné zapřádání a řízené zastavení
- odměřování délky příze na cívkách
- řízení preventivního čištění rotorů
- řízení zapřádacího procesu
- řízení pohybu automatu
- diagnostika spřádacích jednotek a dalších uzlů
- sběr a průběžné zpracovávání provozních dat
- komunikace s nadřízeným systémem sběru a zpracování provozních dat
- návaznost na okolní automatizované systémy

V oblasti automatizace dochází k významnému dynamickému vývoji jak u rotorového dopřádacího stroje samotného, tak i na úseku automatizované přádelny.

Závěrem uvedme, že odvozená problematika vlnářských rotorových dopřádacích strojů je obsažena ve skriptech autora [63].



#### **2.7.2.4 Další nekonvenční dopřádací systémy**

Úvodem uvedme členění průmyslově významnějších nekonvenčních dopřádacích systémů:

OE-systémy: a) předení s volným koncem

- rotorový (např. typová řada BD)
- frikční (Dref 2)

b) předení s částečným volným koncem

- tryskový (Murata MJS)
- frikční (Dref 3)

Předeno-skací systémy:

a) prstencový předeno-skací princip

- Sirospun

b) technologie s aplikací dutého vřetene

- Parafil, Coverspun

c) technologie s aplikací střídavého zákrutu

- Repco

d) technologie s aplikací vzduchové trysky (družená příze)

- Plyfil

#### **Frikční dopřádací systémy**

Dopřádací systém Dref

Frikční dopřádací stroj Dref je frikčním mechanicko-aerodynamickým spřádacím systémem a používá se pro vypřádání hrubých a středních délkových hmotností příze z vlny, chemických vláken a jejich směsí.

System Dref 2 podle obr.203

K spřádacímu místu se přivádí – v závislosti na jemnosti výsledné příze – mykaný pramen v rozpětí lineární hmotnosti 20-40g/m. Ojednocování se provádí rychle se otáčejícím vyčesávacím válcem 1, přičemž přidržování a napínání podávaného vlákenného pramene obstarává zvlášť zkonstruovaný podávací systém 2. Jednotlivá vlákna jsou uvolňována odstředivou silou, jsou unášena proudem vzduchu 3 a ukládají se v klínovitém prostoru mezi oběma děrovanými spřádacími bubny 4. Na povrchu obou spřádacích bubnů, které se otáčejí stejným směrem, je vlákenný útvar zakrucován mechanickým, frikčním odvalovacím

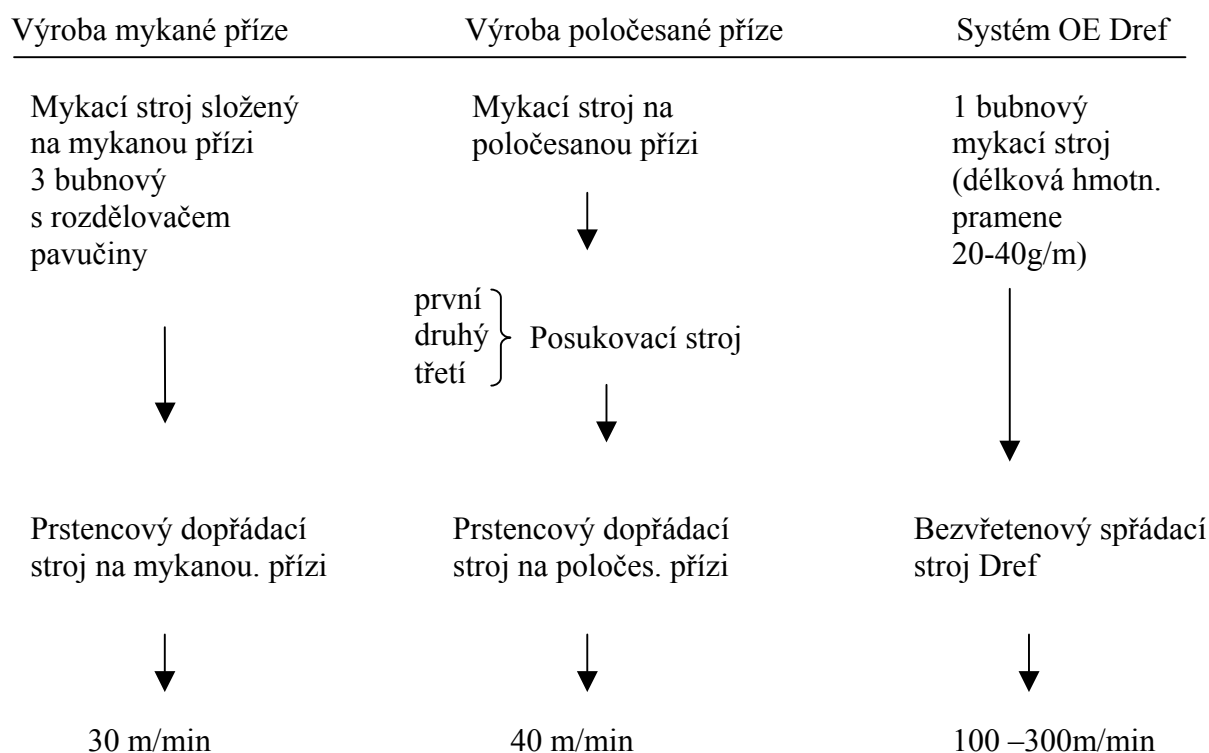
způsobem, který je podporován odsáváním dopravního vzduchu děrovanými spřádacími bubny.

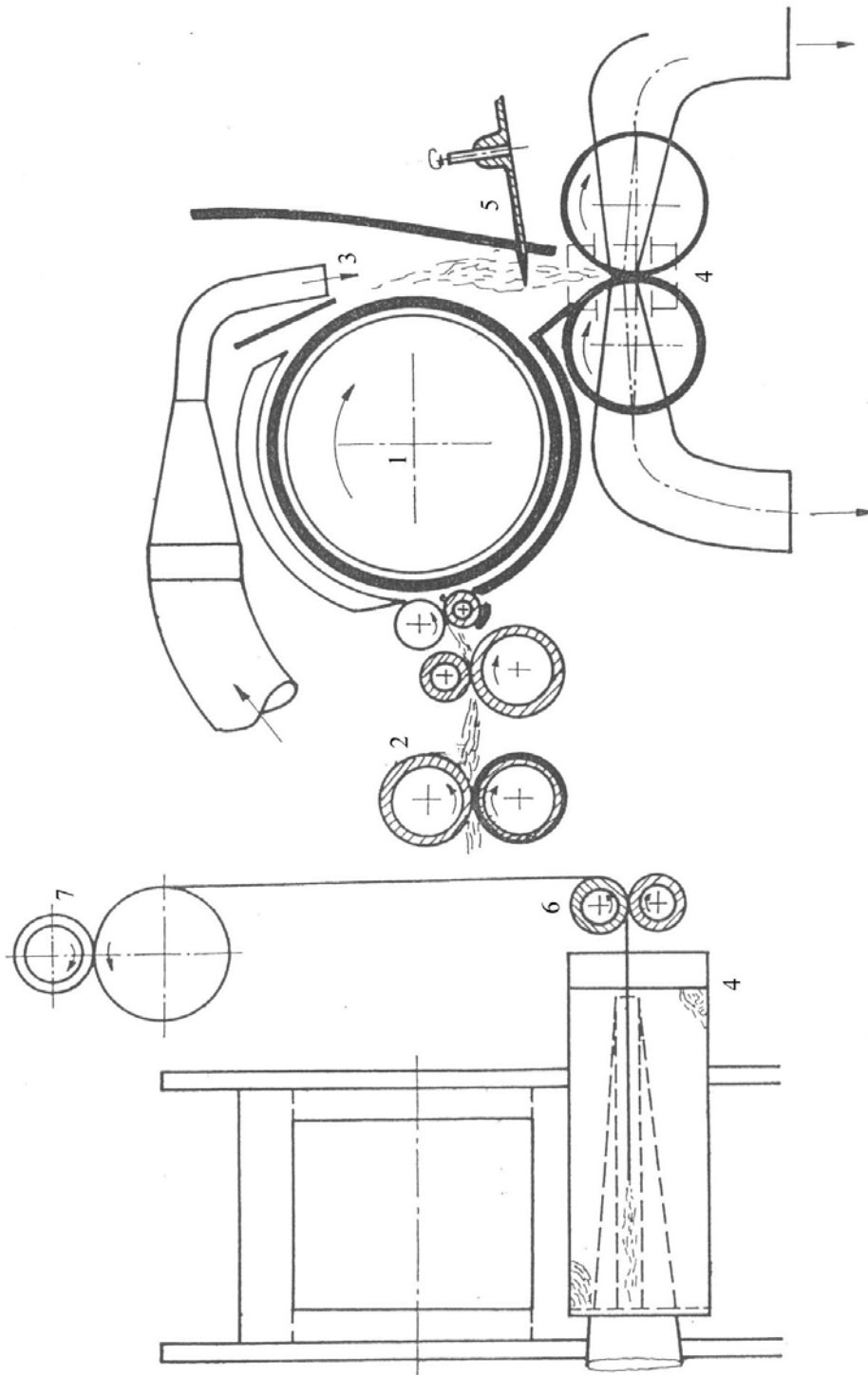
Vypředená příze se odvádí z pásma tvorby odtahovacími válečky 6 a navíjí se na křížové cívky 7. Pro zlepšení podélné orientace vláken působí před zónou tvorby příze paralelizační kotouč 5, usměrňující vlákna do podélného směru.

Některé výhody systému Dref:

- relativní jednoduchost
- nízká frekvence otáčení krutného ústrojí 3500ot/min
- vysoká lineární hmotnost předkládaných pramenů od 20 do 40g/m
- vysoké odváděcí rychlosti (300m/min)
- spřádání s nízkou přetřhovostí přízi, způsobené nízkou tahovou silou při odtahování příze (bez překonání odstředivé síly)
- rozpětí délky staplu až do 150mm
- velké cívky s křížovým vinutím o hmotnosti 4,0 až 8,0kg
- možnost výroby jádrových a efektních přízí

Schématické srovnání: Konvenční způsoby předení – systém Dref (od přípravy přástu, resp. pramene)





Obr.203 Schéma dopřádacího systému Dref

1 ... vyčesávací válec  
2 ... podávací systém

3 ... proud vzduchu  
4 ... spřádací bubny  
(perforované)

5 ... paralelizační kotouč  
6 ... odtahové válečky

7 ... cívka s křížovým  
vnutím

Spřádacím systémem Dref je možno získávat jak hladkou, tak efektní přízi i přízi jádrovou. Příze vyrobená tímto systémem má nezvyklou strukturu. Vlákna jsou prostorově uložena (obr.204). Příze se vyznačuje tím, že má velmi pevné jádro, kolem kterého se ovíjejí vlákna. Okrajové vrstvy příze mají nižší zákrut. Hmotová nestejnomyšnost příze Dref je přibližně stejná, jako u příze mykané. Pevnost příze je nižší než u analogické příze mykané.



Obr.204 Schéma tvorby přádní struktury

Popsaný princip frikčního předení – Dref odpovídá ve své podstatě systému Dref 2. Další využití frikčního principu předení představuje dopřádací stroj Dref 3. Rozdíl oproti předchozímu typu spočívá v tom, že v osové směru frikčních bubnů je přiváděn pramen zjemňovaný průtahovým ústrojím. Zjemněný vlákněný útvar vstupuje do známého klínového prostoru dvou frikčních bubnů s rovnoběžnými osami, které rotují ve stejném směru. Zároveň je do tohoto klínového prostoru přiváděn ojednocený vlákněný útvar, jehož zjemnění a ojednocení bylo zajištěno průtahovým a ojednocovacím ústrojím. Tento vlákněný útvar je přiváděn ve směru kolmo k osám frikčních bubnů tak, jak je to známo ze spřádacího systému Dref 2. Tato složka vlákněného útvaru tvoří v budoucí přízi obalovou vrstvu, kdežto složka přiváděná v osové směru tvoří jádro.

Z hlediska udělování zákrutu frikčními bubny je zřejmé, že jádro, tj. složka, podávaná v osové směru, obdrží v systému mezi dvěma svěry od frikčních válců nepravý zákrut a tudíž jádro je bez zákrutu. Kolmo podávaná složka je komponentou s volným koncem a v důsledku toho krutný účinek frikčních bubnů má za následek vznik trvalého zákrutu.

Obalová vrstva se tudíž vyznačuje trvalým zákrutem, zatímco jádro, jak již bylo uvedeno, je bez zákrutu. Tato zákrutová struktura je z hlediska pevnostního výhodná.

Pro jádro přichází v úvahu následující vlákenné materiály: např. VSs, PESs, POPs do 3,3dtex/60mm a další.

Pro obal se možno použít mykanou bavlnu, střižová vlákna do 3,3dtex/60mm.

Na základě uvedeného principu je možno vyrábět dvoukomponentní příze s různým materiálem v jádru a obalu. Rozpětí jemnosti výsledné příze 40-167tex, předlohové prameny pro obě složky 2,5-3,5 ktex pro každou složku, odváděcí rychlost příze až 300m/min.

Příklad použití systému Dref 3

Jemnost příze 74tex, odváděcí rychlost 250m/min

Jádro: POPs, 2,3dtex/60mm, 70%

Obal: VSs, 1,7dtex/40mm, 30%

Spřádací systém Repco

Přádní systém pro výrobu samoskaných přízí (Self-Twist) má naprosto odlišnou koncepci od dosavadních dopřádacích systémů. Patří do skupiny předeno-skacích systémů. Systém využívá pružnosti vlákenného materiálu. Průmyslové použití je známé v zahraničí.

Výroba samoskaných přízí je založena na použití nepravého zákrutu a na pružnosti vhodného vlákenného materiálu.

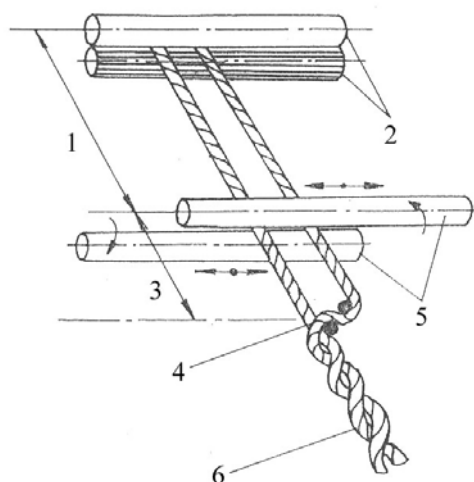
Vlákennou surovinu pro přádní proces může být jemnější vlna i chemická vlákna (např. PANs).

Rovněž lze zpracovávat směsi vlny se syntetickými vlákny.

Vlákenný materiál je podáván dopřádacímu stroji Repco z cívek s jednoduchým přástem a trvalým zákrutem vyrobeným na křídlovém stroji, nebo z cívek s dvojitým přástem s nepravým zákrutem, vyrobeným na finisérech. Doporučuje se dávat přednost přástu s nízkým zákrutem před přástem s nepravým zákrutem, poněvadž takový přást se lépe odvíjí při poměrně vysoké odvíjecí rychlosti.

Postup výroby samoskané příze bude vysvětlen pomocí obr.205 až 207. Osm přástů je protahováno pomocí normálního dvouřemínkového průtahového ústrojí. Po výstupu z průtahového ústrojí uděluje pár zaoblovacích válečků všem protaženým přástm nepravý zákrut. V přástu se tedy střídají úseky se Z- zákrutem a S-zákrutem. Za ústrojím pro udělování nepravého zákrutu jsou vždy dva vedle sebe ležící přástky přivedeny k sobě s určitým

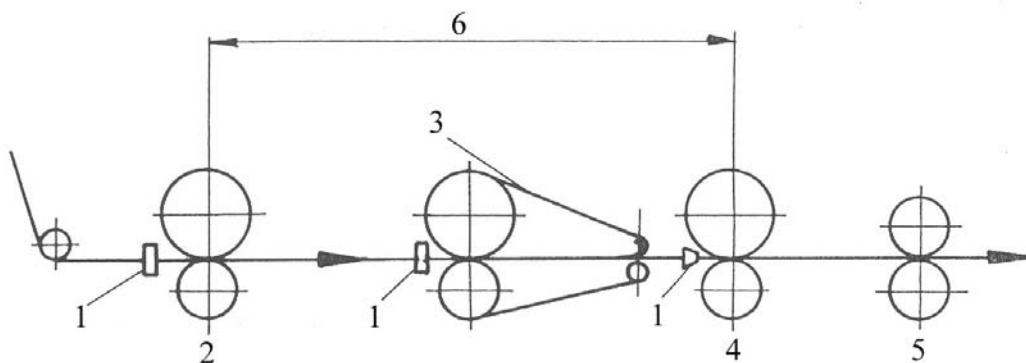
fázovým posunutím z hlediska zákrutu. Toto je zajištěno vedením prástků kolem naznačených vodičů (obr.205).



Obr.205 Funkční princip systému Self-Twist

- |   |                        |
|---|------------------------|
| 1... vstupní zóna                       | 4...družící bod        |
| 2...odváděcí pár<br>průtahového ústrojí | 5...zaoblovací válečky |
| 3...výstupní zóna                       | 6...samoskaná příže    |

Výsledný produkt je tzv. samoskaná příže, která vzniká ze dvou prástků tak, že dva prástky, jejichž zákrut se střídá, se vzájemně zkrucují kolem sebe.



Obr.206 Schéma systému Self-Twist

- |                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| 1... zhušťovač            | 4... odváděcí válce  |
| 2...vstupní válce         | 5...zaoblovací válce |
| 3...dvouřemínkové ústrojí | 6.. průtahové pole   |

Rozkrucovací tendence zakrouceného prástku vytváří předpoklady pro „samoskací“ zákrut, když se oba prástky sdruží.

Samoskaná příže sama o sobě nemá obchodní hodnotu a nemůže být použita pro žádný konečný výrobek, pokud jí nebyl udělen dodatečný zákrut.

Po udělení dodatečného zákrutu vzniká samoskaná dokrucovaná příze (např. dvojmo skaná tkalcovská příze).

Systém pracuje s relativně vysokou odváděcí rychlostí až 300m/min.



Obr.207 Schéma samoskacího zkrucovacího efektu

- směr zakroucení přástku
- směr rozkrucování přástku a samoskacího zákrutu

Závěrem uvedme, že pro doskání je možno použít zejména dvouzákrutové skaní a všechny samoskané dokrucované příze musí být pařeny, aby se zabránilo smyčkování.

Příze samoskaná a dokrucovaná má zřejmě v porovnání s klasickou skanou přízí vyšší nestejnomyšnost v počtu zákrutů.

Z nekonvenčních dopřádacích systémů (mimo rotorový) jsou v současné době nejaktuálnější systémy frikční a tryskový a dále Sirospun a Parafil. Jejich podrobný popis je v [59], [62]. Přes poměrně velký počet nových dopřádacích principů je jejich průmyslové využití relativně velmi nízké.

### 2.7.2.5 Nepravý zákrut

Doposud sledovaná problematika souvisela v konečné fázi se zpevňováním trvalým zákrutem. Z dalších způsobů zpevňování se používá v přádelnické technologii nepravý zákrut. Jak již bylo uvedeno, nepravý zákrut dělíme na plynulý (krutné ústrojí rotuje v jednom směru), na vratný (krutné ústrojí rotuje střídavě v jednom a druhém směru).

Nepravý zákrut se používá pro zpevnění meziproduktu vlákenného materiálu. Jako vlastní krutný orgán se používá krutná trubka, která přenáší krutný moment na zakrucovaný

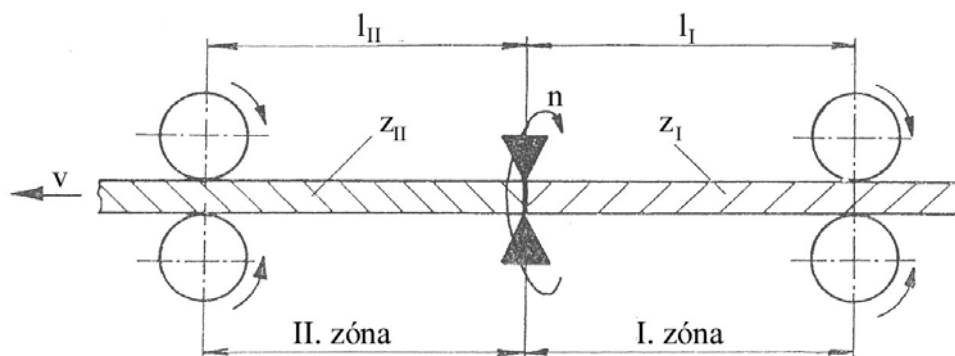
produkt. Používá se při zpevňování meziprojektu v česané technologii vlnařské (nepravý zákrut vratný). Je známo též použití krutné trubky v průtahovém poli průtahového ústrojí u prstencových dopřádacích strojů na mykanou přízi vlnařskou (nepravý zákrut plynulý).

Zaoblování je proces, kdy jde o nepravý zákrut vratný při působení větších stlačujících sil. Zaoblování používáme ke zpevnění např. při výrobě přástu pomocí řemínekového rozdělovače pavučiny, rovněž při výrobě přástu v česané vlnařské technologii - na finiséru. Intenzita zaoblování je závislá na velikosti příčného pohybu zaoblovacích pásů, počtu zdvihu na jednotku času, délce pásů, vzdálenosti mezi pásy, stavu třecích ploch a rychlosti pohybu přástu.

Pro bližší seznámení se s fyzikální podstatou nepravého zákrutu provedeme podrobnou analýzu nepravého zákrutu plynulého.

Hodnota nepravého zákrutu v závislosti na čase [38]

Uvedený zákrutový problém byl řešen v řadě literárních pramenů, zejména v souvislosti s analýzou procesu tvarování metodou nepravého zákrutu.



Obr.208 Základní schéma pro výpočet nepravého zákrutu v závislosti na čase

Pro výpočet byla přijata následující zjednodušení:

- zákrutový orgán se otáčí ihned od začátku procesu frekvencí  $n$
- v zákrutovém orgánu nedochází k žádnému prokluzu při udělování zákrutů
- na zákrutovém orgánu a na svěrech válců nedochází k posuvu zákrutů
- rychlost postupu vlákenného produktu  $v$  je konstantní

I zóna

V nekonečně malém časovém úseku  $dt$  se mění zákruty při uvažování odtahu vlákenného produktu následujícím způsobem:



- +  $ndt$  ... .. zákruty vytvořené v zóně I rotací zákrutového orgánu
- +  $(\pm Z_0)vdt$ ...zákruty, vstupující do I.zóny (zákruty vlákného produktu před přiváděcími válci)
- +..... směr zákrutu  $Z_0$  a  $Z_I$  je souhlasný
- ..... směr zákrutu  $Z_0$  a  $Z_I$  je protisměrný
- $(+Z_I)vdt$ ... .. zákruty opouštějící I.zónu, postupující do II. zóny

Diferenciální rovnice sestavená na základě předchozích hodnot:

$$dZ_I = \frac{ndt \pm Z_0vdt - Z_Ivdt}{l_I} \quad (187)$$

- $n$ ... frekvence otáčení krutného orgánu [1/min]
- $v$ ... rychlost postupu vlákného produktu [m/min]
- $Z_0$ .. počáteční počet zákrutů vlákného produktu (před přiváděcím ústrojím) [1/m]
- $Z_I$ .. počet zákrutů v I. zóně [1/m]
- $l_I$ ... délka zóny [1/m]

Integrací této rovnice obdržíme funkci  $Z_I(t)$ :

$$\int_{\pm Z_0}^{Z_I} \frac{dZ_I}{n \pm Z_0v - Z_Iv} = \frac{1}{l_I} \int_0^t dt$$

$$-\frac{1}{v} [\ln(n \pm Z_0v - Z_Iv) - \ln(n \pm Z_0v \mp Z_0v)] = \frac{t}{l_I} \quad (188)$$

$$\ln \frac{n \pm Z_0v - Z_Iv}{n} = -\frac{vt}{l_I} \quad (189)$$

$$Z_I = Z_I(t) = \frac{n}{v} (1 - e^{\frac{-vt}{l_I}}) \pm Z_0 \quad (190)$$

Pro

$$t = 0 \Rightarrow Z_I = \pm Z_0$$

$$t = \infty \Rightarrow Z_I = \frac{n}{v} \pm Z_0$$

## II.zóna

Výpočet zákrutu je proveden analogicky k zóně I.

- +  $ndt$ ..... zákruty, vytvořené v II.zóně (rotací krutného orgánu)
- +  $(-Z_I)vdt$ .... zákruty, přicházející do II. zóny ze zóny I
- $(+Z_{II})vdt$ .... zákruty, jež opouštějí zónu II a zůstávají ve výsledném produktu

Výchozí diferenciální rovnice:

$$dZ_{II} = \frac{ndt - Z_I v dt - Z_{II} v dt}{l_{II}} \quad (191)$$

Za  $Z_I$  dosadíme vztah z rovnice (190)

$$dZ_{II} = \frac{ne^{\frac{-vt}{l_I}} dt \pm Z_0 v dt - Z_{II} v dt}{l_{II}}$$

Diferenciální rovnici upravíme na tvar:

$$\frac{dZ_{II}}{dt} + \frac{Z_{II}}{l_{II}} v = \frac{n}{l_{II}} e^{\frac{-vt}{l_I}} \mp \frac{Z_0 v}{l_{II}} \quad (192)$$

Řešení homogenní rovnice:

$$\frac{dZ_{II}^*}{dt} + \frac{v}{l_{II}} Z_{II}^* = 0$$

$$\frac{dZ_{II}^*}{dt} = -\frac{v}{l_{II}} Z_{II}^*$$

$$\frac{dZ_{II}^*}{Z_{II}^*} = -\frac{v}{l_{II}} dt$$

$$\ln|Z_{II}^*| = -\frac{v}{l_{II}} t + \ln c$$

$$Z_{II}^* = c e^{\frac{-v}{l_{II}} t} \quad (193)$$

Celkové řešení rovnice (192) pomocí variace konstanty  $c=c(t)$

$$c' e^{\frac{-v}{l_{II}} t} - \frac{v}{l_{II}} c e^{\frac{-v}{l_{II}} t} + \frac{v}{l_{II}} c e^{\frac{-v}{l_{II}} t} = \frac{n}{l_{II}} e^{\frac{-v}{l_I} t} \mp \frac{Z_0 v}{l_{II}}$$

$$c' e^{\frac{-v}{l_{II}} t} = \frac{n}{l_{II}} e^{\frac{-v}{l_I} t} \mp \frac{Z_0 v}{l_{II}}$$

$$c' = \frac{n}{l_{II}} e^{vt(\frac{1}{l_{II}} - \frac{1}{l_I})} \pm \frac{Z_0 v}{l_{II}} e^{\frac{v}{l_{II}} t}$$

$$\int c' dt = \frac{n}{l_{II}} \int e^{(\frac{-v}{l_I} + \frac{v}{l_{II}})t} dt \mp \frac{Z_0 v}{l_{II}} \int e^{\frac{vt}{l_{II}}} dt + c_v$$

$$c = \frac{n}{l_{II} \left( \frac{-v}{l_I} + \frac{v}{l_{II}} \right)} e^{\left( \frac{-v}{l_I} + \frac{v}{l_{II}} \right) t} \mp Z_0 e^{\frac{v}{l_{II}} t} + c_v \quad (194)$$

Do rovnice (193) dosadíme výraz (194):

$$Z_{II} = \frac{n}{v \left( 1 - \frac{l_{II}}{l_I} \right)} e^{\frac{-v}{l_I} t} \mp Z_0 + c_v e^{\frac{-v}{l_{II}} t}$$

Na základě počátečních podmínek určíme integrační konstantu  $c_v$ :

$$t = 0 \rightarrow Z_{II} = \mp Z_0$$

$$\mp Z_0 = \frac{n}{v \left( 1 - \frac{l_{II}}{l_I} \right)} \mp Z_0 + c_v$$

$$c_v = -\frac{n}{v \left( 1 - \frac{l_{II}}{l_I} \right)}$$

Vztah pro časový průběh zákrutů v zóně II

$$Z_{II} = Z_{II}(t) = \frac{n}{v \left( 1 - \frac{l_{II}}{l_I} \right)} \left( e^{\frac{-v}{l_I} t} - e^{\frac{-v}{l_{II}} t} \right) \mp Z_0 \quad (195)$$

Pro

$$t = 0 \rightarrow Z_{II} = \pm Z_0$$

$$t = \infty \rightarrow Z_{II} = \pm Z_0$$

Pro případ, že  $l_I = l_{II} = l$  nabude první část vztahu (195) neurčitý charakter  $\frac{0}{0}$ .

Použitím L'Hospitalova pravidla obdržíme po derivaci čitatele a jmenovatele vztahu (195) vztah (196).

Přitom budou uvažovány následující veličiny konstantní:  $n, v, l, t$

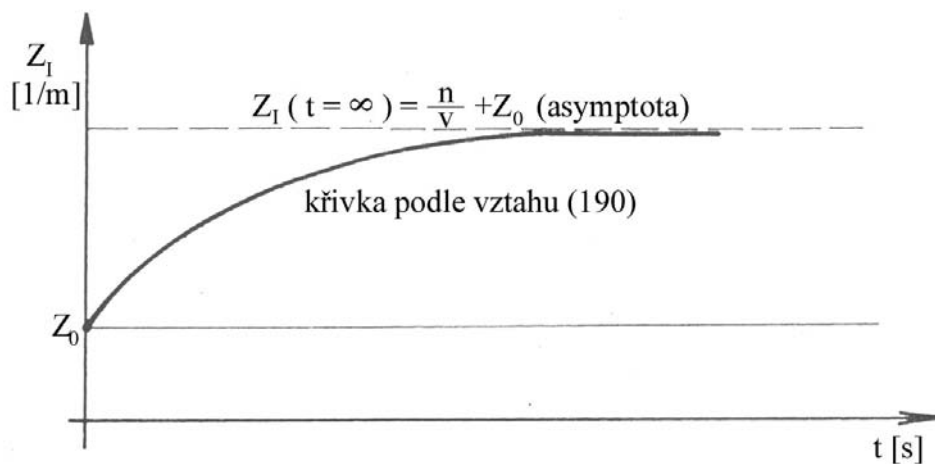
Podle veličiny  $l_{II}$  budeme derivovat:

$$\lim_{l_{II} \rightarrow l_I = l} \frac{1}{\left[ v \left( 1 - \frac{l_{II}}{l_I} \right) \right]'} \left[ n \left( e^{\frac{-v}{l_I} t} - e^{\frac{-v}{l_{II}} t} \right) \right]' = \lim_{l_{II} \rightarrow l_I = l} \frac{-n e^{\frac{-v}{l_{II}} t} \cdot \frac{vt}{l_{II}^2}}{\frac{-v}{l_I}} = \frac{nt}{l} e^{\frac{-v}{l} t}$$

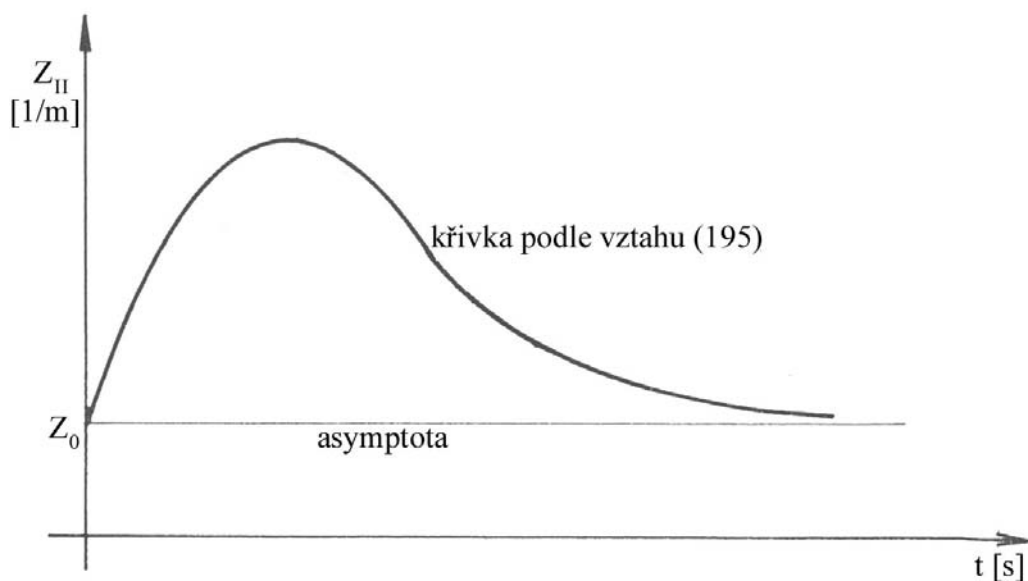
Pro případ  $l_{II} = l_I = l$  platí:

$$Z_{II} = Z_{II}(t) = \frac{n}{l} t e^{\frac{-v}{l} t} \pm Z_0 \quad (196)$$

Na obrázku 209 a 210 jsou zobrazeny časové průběhy zákrutů.



Obr.209 Časový průběh zákrutu v zóně I



Obr.210 Časový průběh zákrutu v zóně II

Z uvedeného vyplývá, že s výjimkou určitého přechodového stavu je výsledný zákrut ve výsledném produktu roven zákrutu v předkládaném produktu (např. je-li zákrut roven nule v předkládaném produktu, je i v odváděném). Význam nepravého zákrutu plynulého spočívá ve zhuštění vlákného produktu v důsledku stlačení příčnými silami a tím zvýšení jeho soudržnosti.

### **2.7.3 Skaní**

#### Účel skaní

Skaní probíhá v technologickém sledu po dopřádání. Výjimku tvoří pouze tzv. předenoskací systém, kde probíhá dopřádací a skací proces prakticky současně.

Skáním rozumíme spojování dvou nebo více jednoduchých přízí zakrucováním. Skaná příze vzniká vzájemným zakrucováním dvou nebo více jednoduchých přízí. Při slovním vyjádření počtu jednoduchých přízí, ze kterých se skaná příze skládá, se používá názvu např. dvojmoskaná příze, trojmoskaná příze.

Skáním docílujeme u výsledného produktu zejména zvýšení pevnosti, zvýšení tažnosti, zvýšení hmotové stejnoměrnosti, anebo může být dosaženo určitých barevných nebo objemových efektů (efektní skané příze).

Udělování zákrutů při skaní může být ve směru S nebo Z. Smysl skacího zákrutu vůči zákrutu přádnímu má vliv na vzhled, omak a na pevnost výsledné skané příze. Obvykle se volí skací zákrut opačný v porovnání se zákrutem přádním. Při zakrucování ve směru opačném v porovnání se zákrutem přádním je nutno počítat s určitou ztrátou zákrutů v jednoduchých přízí.

V souvislosti s problematikou skaní se zaměříme na rozbor otázek zvyšování pevnosti a dále na vysvětlení principů skaní prstencového, dvojjákrutového a stupňového.

Efektní skané příze vznikají ze dvou nebo více přízí. Jde o získání barveného nebo objemového (strukturálního) efektu. Často jedna příze (základní) slouží jako nosný element, příze pro tvorbu efektu je nepřetržitě nebo periodicky přiváděna separátním podávacím ústrojím.

Na efektních skaných přízích je dosahováno efektu nepravidelným podáváním, zaskáváním přástů apod. Z efektních skaných přízí uveďme např. skanou přízi froté (se zřasenou efektní přízí, smyčkovou, přástovou (zaskávání kousků přástů) a další.

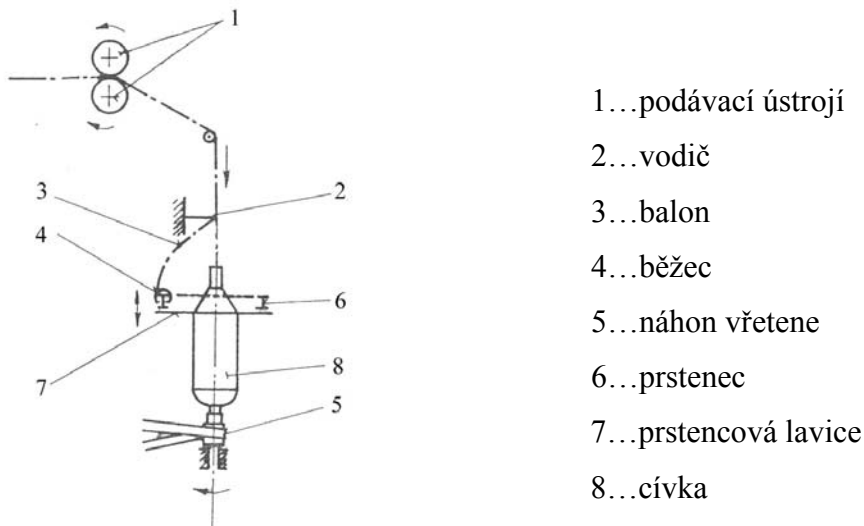
U hladkých skaných přízí lze hovořit o jednostupňovém nebo vicestupňovém skaní. U vicestupňového skaní jde o skaní v několika stupních tak, že v prvním stupni tvoříme skanou přízi z jednoduchých přízí a v dalším stupni již skáme skané příze. Tento postup nesmíme však ztotožňovat s technologií stupňového skaní fy Hammel, kde, jak bude vysvětleno, jde o zcela jiný postup.

Ze skacích systémů uvedeme v principu systém prstencový, dvojjákrutový, stupňový.

### Princip skacího zákrutu prstencového

Ve srovnání s prstencovým spřádacím systémem je základní rozdíl v tom, že u skacího stroje je podávací ústrojí na místo průtahového ústrojí dopřádacího stroje. Způsob udělování zákrutů je v podstatě shodný. Toto platí v principu. Je samozřejmé, že konstrukce stroje v jednotlivých uzlech vykazuje příslušné rozdíly.

Princip samotného skacího systému je zřejmý z obr.211.

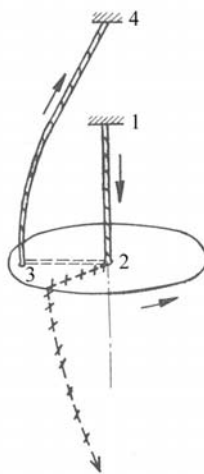


Obr.211 Princip prstencového skacího systému

### Princip skacího systému dvouzákrutového

Dvouzákrutový skací systém umožňuje udělení dvou zákrutů během jedné otáčky vřetene.

Princip funkce dvouzákrutového vřetene vyplývá z obr.212.



Obr.212 Princip dvouzákrutového vřetene

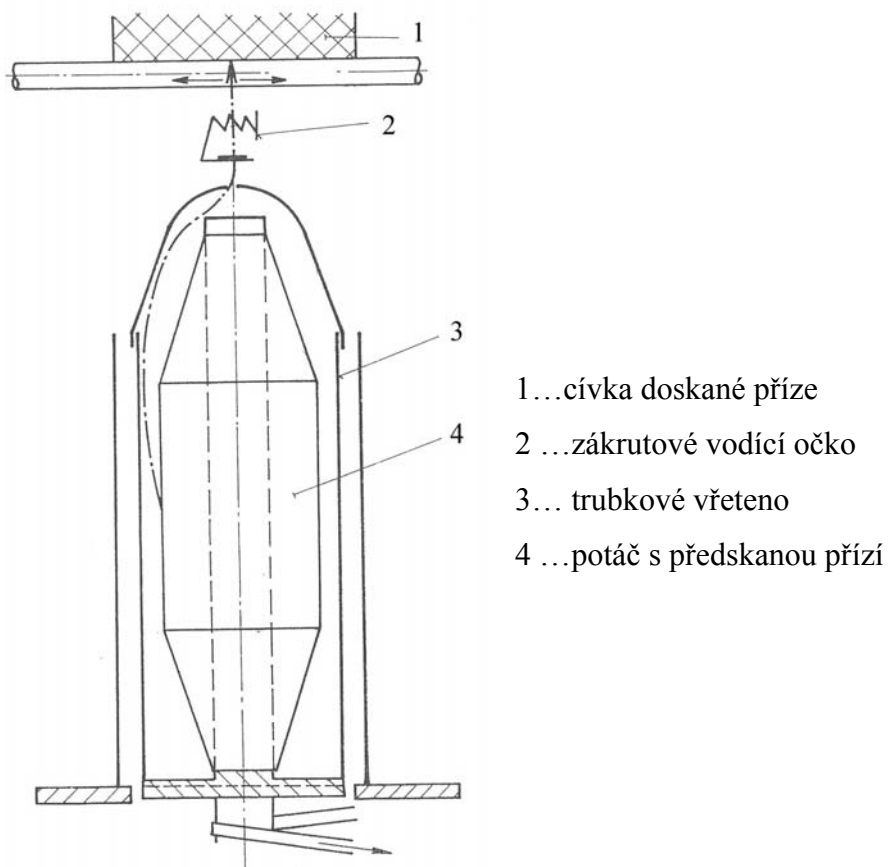
Při jedné otáčce vřetene dochází k uložení jednoho zákrutu v dutině (tj. v úseku 1-2) a jednoho zákrutu v balónu (tj. v úseku 3-4). Příze jsou vedeny ve skutečnosti z nasazené cívky přes vodič do dutiny vřetene, odtud vychází bočním otvorem a tvoří balon kolem vřetena až k vodiči na ose vřetena.

Pokud se týče frekvence otáčení dvouzákrutového vřetene, tak kupř. u strojů řady VTS je např. 11 000ot/min.

### Princip stupňového skaní

Tento systém je realizován firmou Hammel (Švýcarsko). Z hlediska technologického jde o postup skaní ve dvou stupních. Prvním stupněm je sdružovací předskací stroj. Sdružené příze obdrží ochranný zákrut (15-20 1/min). V podstatě jde o prstencový skací stroj. Navíjení se provádí rychlostí mezi 300 – 400m/min na velké potáče s odměřenou délkou příze. Ochranný zákrut zabraňuje vzniku chyb v hotové přízi.

Vlastní proces skaní se provádí na doskacím stroji (obr.213).



Obr.213 Schéma vřetene doskacího stroje

Potáč s předskanou přízí se vloží do trubkového vřetene a rotuje s ním. Příze je strhávána odstředivou silou z předskaného potáče a klouže po vnitřní straně trubkového vřetene. Vzduch uvnitř trubkového vřetene rotuje stejnou rychlostí jako vřeteno. Přízový balon tedy nemusí překonávat žádný odpor vzduchu. V důsledku toho je velmi nízká přetřhovost. Výsledný návin je válcová nebo konická cívka s křížovým vinutím. Je možno například postupně navíjet dva předskané potáče na jednu cívku doskané příze.

Z nízkého počtu přetřhů i dostatečné zásoby předskané příze vyplývá i ekonomická přednost uvedeného systému. Stroj je možno maximálně časově využít, což snižuje příslušnou složku nákladů na 1kg vyrobené skané příze.

### Souvislost geometrické struktury a mechanických vlastností skané příze

Analogicky zákonitostem zkrucování dvou multifilů stejné jemnosti ve skanou nit [59] můžeme konstatovat obdobné zákonitosti i pro skanou přízi tvořenou dvěma jednoduchými přízemi stejné jemnosti. Předpokládáme-li šroubovicový model geometrického uspořádání vláken v přízi i osy jednoduché příze v přízi skané, můžeme obdobně vycházet při rozboru zákrutové struktury z následujícího vztahu:

$$Z_{ps} = \frac{Z_{pp}}{S_{ps}} + \Delta Z_{ps} \quad (197)$$

$Z_{ps}$ ..... konečná zákrutová hustota v přízi po skaní [ $m^{-1}$ ]

$Z_{pp}$ ..... počáteční zákrutová hustota v přízi [ $m^{-1}$ ]

$\Delta Z_{ps}$ ... změna zákrutové hustoty v přízi při zpracování ve skanou přízi [ $m^{-1}$ ]

$S_{ps}$ ..... koeficient seskání, vyjadřující změnu délky příze v důsledku skaní

Další odvození, které je analogické postupu uvedeném v [59] vede ke konečnému vztahu:

$$Z_{ps} = \frac{Z_{pp}}{S_{ps}} + \frac{Z_s}{1 + \pi^2 d_s^2 Z_s^2} \quad (198)$$

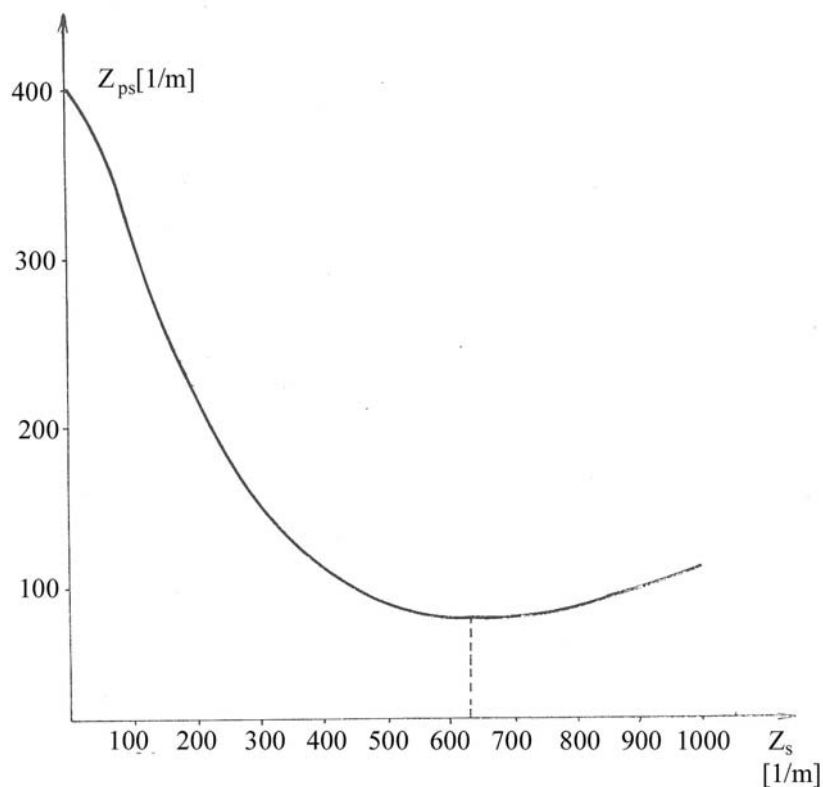
$Z_s$ ... skací zákrutová hustota [ $m^{-1}$ ]

$d_s$ ... průměr šroubovice osy jednoduché příze [m]

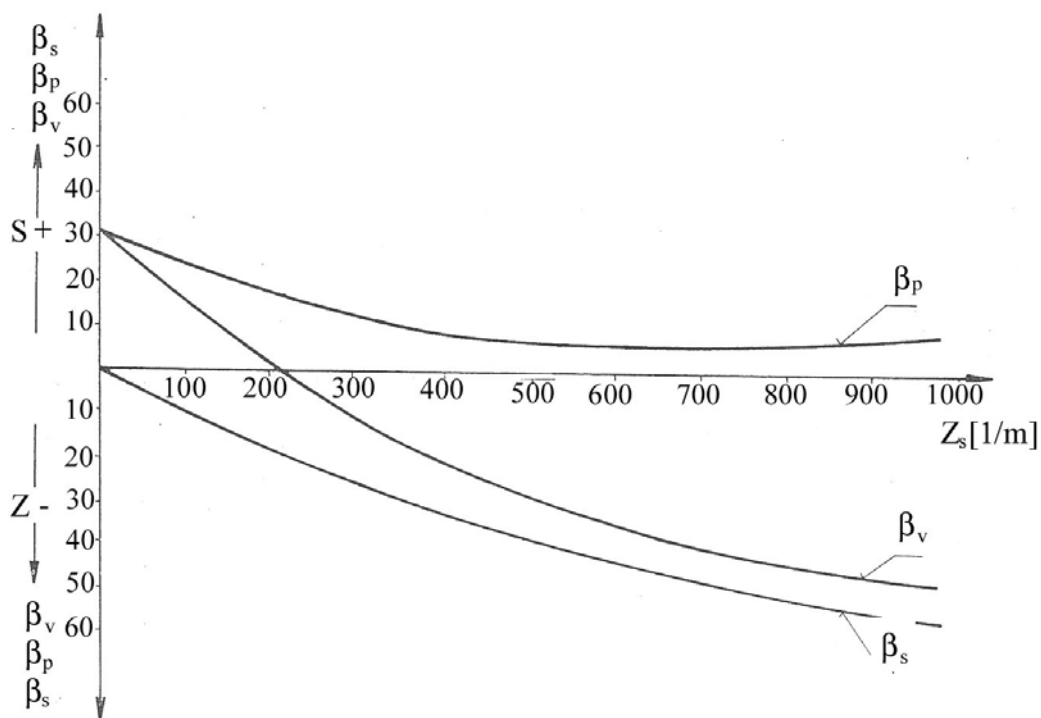
Charakter závislosti  $Z_{ps}$  na  $Z_s$  při protisměrném přádním a skacím zákrutu vyplývá z diagramu (obr.214).

V důsledku rostoucího protisměrného skacího zákrutu klesá do určité míry zákrutová hustota konečná v jednoduché přízi, která se nachází ve struktuře skané příze. Současně můžeme sledovat úhel sklonu vlákna vůči ose příze  $\beta_v$  (obr.215).





Obr.214 Zákrutová hustota příze po zakroucení ve skanou přízi v závislosti na skací zákrutové hustotě (protisměrný přídání zákrut)



Obr.215 Průběh úhlu sklonu  $\beta_s$ ,  $\beta_p$ ,  $\beta_v$  v závislosti na skací zákrutové hustotě  
 $\beta_s$  ... úhel sklonu tečny osy jednoduché příze k ose skané příze  
 $\beta_p$ ... úhel sklonu tečny osy povrchového vlákna k ose jednoduché příze po skaní  
 $\beta_v$ ... úhel sklonu tečny osy povrchového vlákna k ose skané příze

Z uvedeného průběhu je zřejmé, že v důsledku protisměrného skaní dochází s rostoucí zákrutovou skací hustotou k snižování úhlu  $\beta_v$ , dokonce lze teoreticky určit skací zákrutovou hustotu  $Z_s$  při které  $\beta_v=0$ . Tento případ může mít pozitivní důsledky ve smyslu lepšího využití vláken ve struktuře skané příze z hlediska pevnosti. Zvýšení poměrné pevnosti skané příze oproti jednoduché přízi má příčiny vedle vyrovnávacího účinku z hlediska hmotové nestejnomyěrnosti i v uvedené příznivější geometrické struktuře vláknenného útvaru skané příze.

Rovněž z hlediska tažnosti má skaní příznivý důsledek, jak potvrzují následující vztahy:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{ps}}{\cos^2 \beta_s} \quad (199)$$

resp.

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{ps} [1 + 4\pi^2 r_s^2 Z_s^2] \quad (200)$$

$\varepsilon_s$ ..... poměrné protažení skané příze

$\varepsilon_{ps}$ .... poměrné protažení příze ve struktuře skané příze

$\beta_s$ .. úhel sklonu tečny osy příze k ose skané příze

$r_s$ ... poloměr šroubovice osy příze

$Z_s$ ... zákrutová hustota skané příze

Ze vztahů (199) a (200) vyplývá, že s rostoucí zákrutovou hustotou  $Z_s$  ( v oblasti podkritických zákrutů) vznikají geometrické předpoklady pro zvýšenou hodnotu poměrného prodloužení skané příze v porovnání s přízí jednoduchou.

Vlivem skaní dochází ke zvyšování hmotové stejnoměrnosti samé příze v důsledku efektu družení, který obecně snižuje původní hmotovou nestejnomyěrnost jednoduché příze. To má příznivé důsledky, jak již bylo uvedeno i na vyšší poměrnou pevnost skané příze v porovnání s přízí jednoduchou.

Uvedené poznatky byly získány rozbořem zákonitostí kroucení svazku nekonečných vláken a jejich vzájemného skaní, resp. na základě analýzy šroubovicového modelu příze i skané příze.

Vztah mezi geometrickou strukturou a vlastnostmi skané příze má praktický význam při hledání podmínek pro dosažení příznivé úrovně vybraných užitečných vlastností skané příze.

## **2.8 NAVÍJENÍ**

### **2.8.1 Význam a použití procesu navíjení**

S procesem navíjení se setkáváme v průběhu přádelnické technologie. navíjí se různé přádelnické poloproducty (rouno, pramen, přást) i hotový produkt (příze). V dalším výkladu se zaměříme mj. na výklad problematiky návínů válcového a kuželového. Používání návínů v průběhu přádelnické technologie souvisí i s její přetržitostí. Dosud je nutno s nekontinualitou počítat a tím i s různými druhy návínů přádelnických meziproductů.

Při navíjení jde o tvorbu dostatečně tuhého tělesa návínů tak, aby při příslušné manipulaci zachovávalo svůj tvar. Zároveň musí být oviny ukládány tak, aby bylo možné snadné odvíjení. V souvislosti se stavbou přízových návínů s křížovým vinutím je třeba si uvědomit, že navinutá příze se nachází ve stavu napjatosti, která zejména u válcových návínů s křížovým vinutím může vykazovat v závislosti na poloměru poměrně významné rozdíly. Tyto rozdíly mohou ovlivnit deformační vlastnosti navinuté příze.

Z uvedeného vyplývá, že pro tvorbu všestranně vyhovujícího návínu je nutno věnovat pozornost řadě podmínek při procesu navíjení.

Jak již bylo uvedeno, v přádelnické technologii používáme různé druhy návínů (navíjení stůček, ukládání pramene do konve, navíjení pramenů na cívky s křížovým vinutím, navíjení přástů – válcový návín na křídlovém předpřádacím stroji; navíjení příze – kuželový návín na prstencovém dopřádacím stroji, navíjení na bezvřetenovém rotorovém dopřádacím stroji – válcový nebo kuželový návín s křížovým vinutím.

V další části se seznámíme podrobněji s ukládáním pramene do konve, s válcovým návínem na předpřádacím stroji křídlovém, s kuželovým návínem na prstencovém dopřádacím stroji a dále s některými otázkami navíjení na rotorovém dopřádacím stroji.

### **2.8.2 Ukládání pramene do konve**

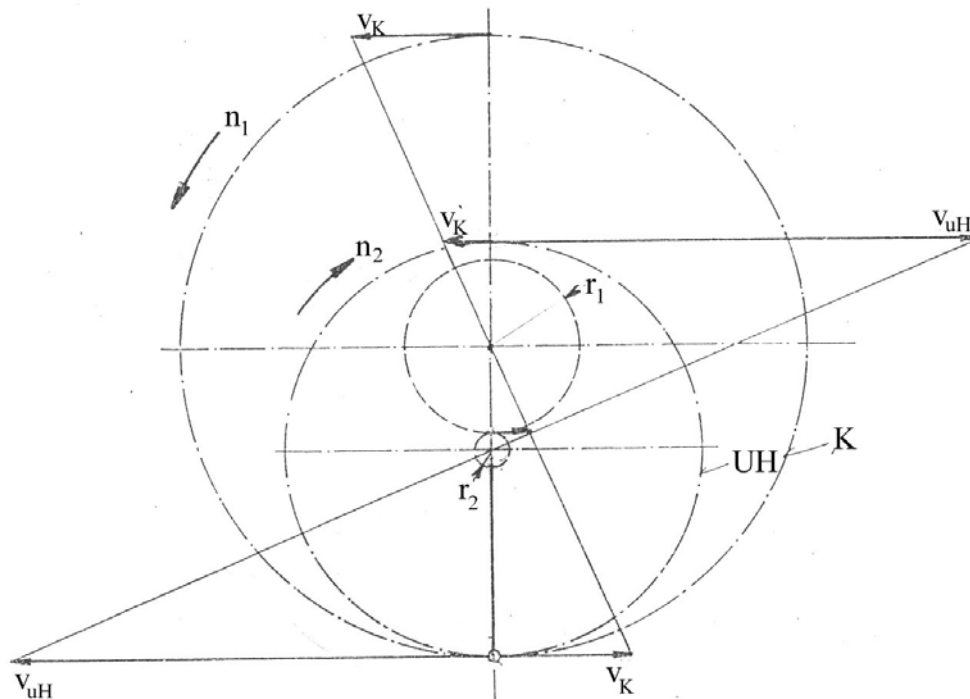
Základními požadavky pro ukládání pramene do konve je, aby vnitřní prostor konve byl co nejvíce vyplněn pramenem, a aby jednotlivé smyčky pramene byly od sebe odděleny, aby bylo možno pramen bez potíží odtahovat.

Pramen je přiváděn do konve přes ukládací rotující hlavu do konve, která rovněž rotuje kolem své osy, avšak s nižší frekvencí otáčení. Osa rotující ukládací hlavy je excentricky uložena vůči ose konve.

Pokud se konev a ukládací hlava otáčejí protisměrně, pak relativně ukládací bod vykonává nejen rotační pohyb kolem osy ukládací hlavy, ale i kolem osy konve.

Při protisměrném otáčení ukládací hlavy a konve vykonává bod trajektorii ve tvaru prodloužené epicykloidy a v tomto tvaru se ukládá pramen. Tento způsob se používá v praxi.

Schéma vzniku křivky ukládání pramen je uvedeno na obr.216.



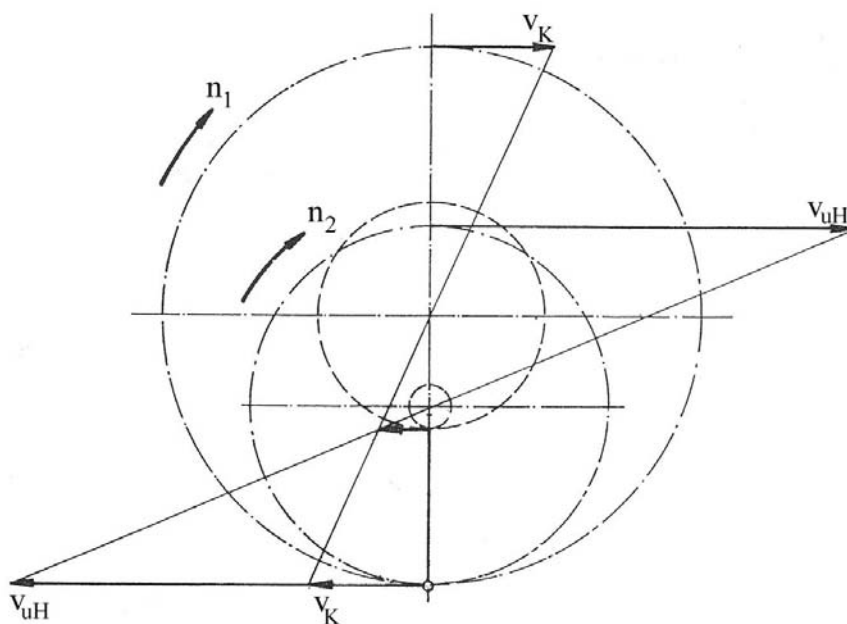
Obr.216 Schéma protisměrného otáčení ukládací hlavy a konve: trajektorie ukládacího bodu – prodloužená epicykloida  
 ( $v_K$ ...obvodová rychlost konve  
 $v_{uH}$ ...rychlost ukládacího bodu  
 $v'_k$ ... rychlost konve na průsečíku trajektorie ukládacího bodu a přímky spojující dotkový bod a střed kružnic)

Pokud by docházelo ke stejnosměrnému pohybu ukládací hlavy a konve, potom by vznikala prodloužená hypocykloida (obr.217).

Uvažujeme trajektorii ve tvaru prodloužené epicykloidy. Obě rychlosti, rychlost ukládacího bodu  $v_{uH}$  i rychlosti konve  $v_K$  jsou konstantní. Ze schématu na obr.216 plyne, že je žádoucí, aby diference rychlosti

$$\Delta v = \frac{(v_{uH} - v'_K) - (v_{uH} - v_K)}{(v_{uH} - v_K)} \cdot 100 \quad [\%] \quad (201)$$

byla co nejmenší.



Obr.217 Schéma stejnosměrného otáčení ukládací hlavy a konve – trajektorie ukládacího bodu – prodloužená hypocykloida  
 ( $v_K$ ... obvodová rychlost konve  
 $v_{uH}$  ... rychlost ukládacího bodu)

Po úpravě:

$$\Delta v = \frac{v_K - v_K'}{v_{uH} - v_K} \cdot 100 \quad [\%] \quad (202)$$

Velká diference by mohla vést ke vzniku periodické nestejnoměrnosti. Při konstrukci je třeba dbát, aby tato hodnota nenabyla vyšších úrovní a nedošlo tak ke vzniku nežádoucí přídavné nestejnoměrnosti.

### **2.8.3 Navíjení přástu na křídlovém předpřádacím stroji**

#### **Podmínky navíjení**

V daném případě budeme sledovat otázku tvorby válcového návínu.

Zásadně je nutno dodržet podmínku, aby se rychlost navíjení rovnala rychlosti dodávání přástu. Aby bylo možné navíjení, musí být frekvence otáčení cívky a křídla rozdílná. Obecně je možné volit buď předbíhající cívku, nebo předbíhající křídlo. Prakticky se pracuje s předbíhající cívkou. Je to výhodné, neboť při spuštění stroje dochází ke snížení napětí v přástu v důsledku toho, že cívky se při rozběhu poněkud zpožďují v porovnání s křídlem,

neboť jejich náhon je zprostředkován složitějším převodem, kdežto náhon křídla převodem relativně jednodušším.

Dalším výhodným faktorem je skutečnost, že při předbíhající cívce dochází k postupnému poklesu frekvence otáčení cívky s rostoucím návinem. Při předbíhajícím křídle by se naopak frekvence otáčení zvyšovala.

Při přetruh přástu je při předbíhající cívce předpoklad, že konec přástu bude přitlačován odporem vzduchu k návinu.

Při odvození podmínky navíjení přástu vycházíme z uvedeného požadavku rovnosti rychlosti navíjení a rychlosti dodávky. Zároveň předpokládáme délku jednoho ovinu  $\pi d_c$  s ohledem na relativně malé stoupání vinutí  $h$ .

$$\pm (n_c - n_v) \pi d_c = v_d \quad (203)$$

$n_c$ ... frekvence otáčení cívky [1/min]

$n_v$ ... frekvence otáčení křídlového vřetene [1/min]

$d_c$ ... okamžitý průměr návinu [m]

$v_d$ ... rychlost dodávky přástu [m/min]

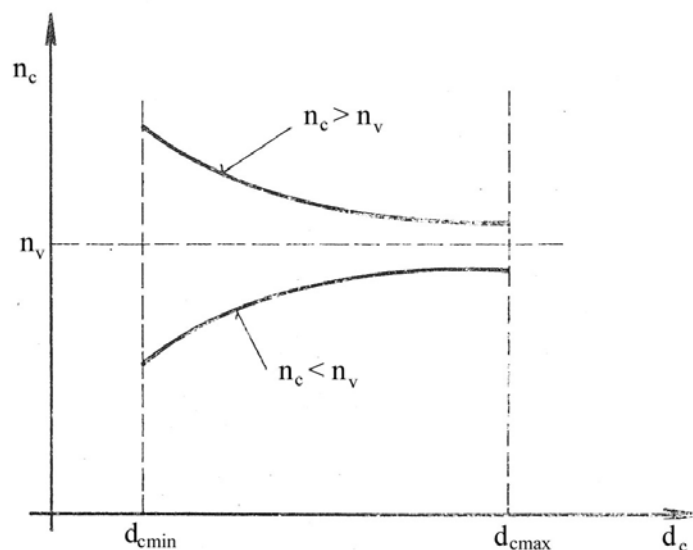
Pozn.: Znaménko + platí pro předbíhající cívku

- pro předbíhající křídlové vřeteno

Úpravou rovnice (203) získáme podmínku navíjení, tj. frekvenci otáčení cívky jako funkci okamžitého průměru navíjení.

$$n_c = n_v \pm \frac{v_d}{\pi d_c} \quad (204)$$

Graficky je uvedená závislost zobrazena na obr.218.



Obr.218 Frekvence otáčení cívky jako funkce okamžitého průměru navíjení

Z rovnice (204) vyplývá, že frekvence cívky je tvořena dvěma složkami. První složka je konstantní a je rovna frekvenci otáčení vřetene. Druhá složka – proměnlivá se realizuje pomocí proměnlivé frekvence otáčení spodního kužele (konoidu). Proměnlivá složka je tedy zajišťována prostřednictvím posunu řemene na kuželech (konoidech). Slučování obou složek zajišťuje diferenciál (konstantní frekvence otáčení a proměnlivá frekvence otáčení od spodního kužele (konoidu)).

Pro rychlost cívkového vozu platí vztah plynoucí z podmínky (204). Uvažujme případ předbíhající cívky:

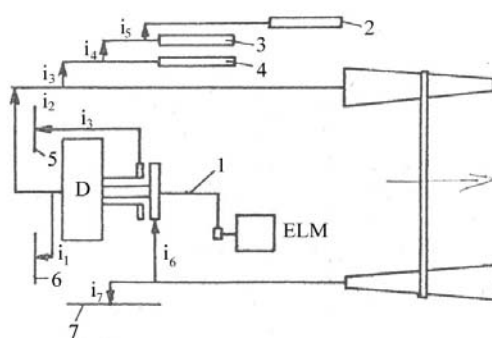
$$(n_c - n_v).h = v_v$$

$$v_v = \frac{v_d \cdot h}{\pi d_c} \quad (205)$$

$h$ ... stoupání vinutí přástu [m]

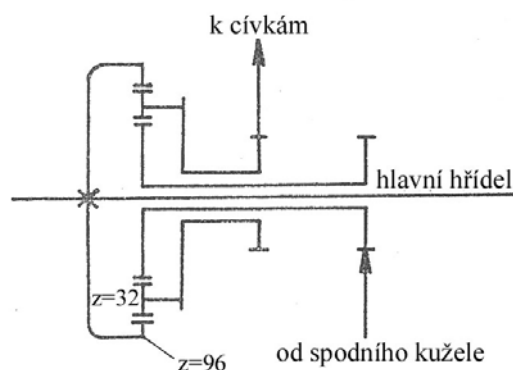
Rychlost pohybu vozu je po dobu navíjení jednotlivých vrstev konstantní, pouze při přechodu k následující vrstvě dojde ke zmenšení rychlosti, poněvadž průměr navíjení se zvětšil. Se zvětšováním průměru cívky klesá rychlost vozu. Pohyb vozu vychází od spodního kužele (konoidu), převod na vůz neprochází diferenciálem, jak to plyne i z podmínky (205).

Příslušný náhon realizovaný mechanismem křídlového předpřádacího stroje lze přehledně sledovat pomocí schématu (obr. 219 a 220).



Obr.219 Schéma převodů křídlového předpřádacího stroje

- 1..... hlavní hřídel
- 2..... podávací válec
- 3..... přiváděcí válec průtahového ústrojí
- 4..... odváděcí válec průtahového ústrojí
- 5..... cívka
- 6..... vřeteno
- 7..... vozový hřídel
- ELM... elektromotor
- D..... diferenciál



Obr.220 Schéma diferenciálu

Důležitou součástí mechanismu předpřádací křídlovky je vratné ústrojí. Uvedme nyní obecně funkci a význam tohoto ústrojí.

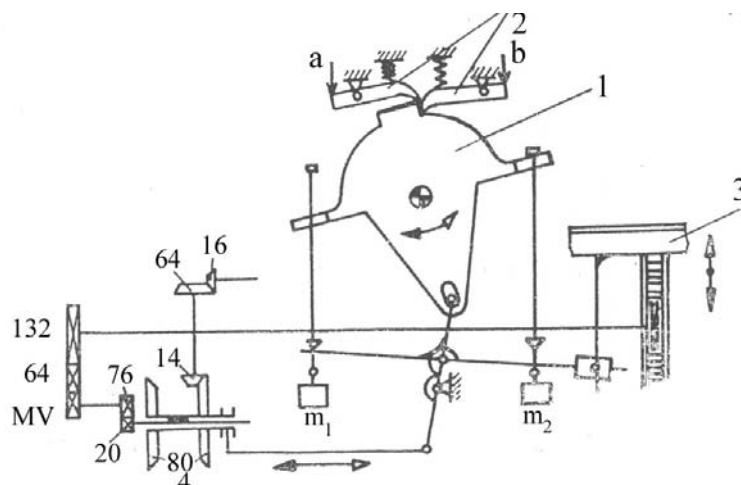
Vratné ústrojí splňuje následující funkce:

- při každé navinuté vrstvě přástu na cívce zajišťuje přesunutí řemene po kuželech (konoidech), čímž dochází k příslušné změně frekvence otáčení cívkou a rychlosti cívkového vozu
- reverzace chodu cívkového vozu
- zkracování dráhy vozu, aby došlo k tvorbě kuželovitých konců cívkou

Vratná ústrojí různých křídlovek jsou konstrukčně rozdílná, ale v zásadě splňují uvedené funkce. Důležitou funkci má rohatka. Rohatka se natáčí v jednom směru vždy o půl zubu, což je zajišťováno systémem dvou západek, z nichž jedna je uvolňována ze záběru při úvrati vozu a druhá se dostane do záběru s rohatkou. Pohyb rohatky se přenesou k zařízení pro přesun řemene po kuželech (konoidech) a řemen se tudíž posune o odpovídající dráhu. Zároveň dochází ke zkracování dráhy svislého pohybu vozu, což je zajištěno při pootočení rohatky vtažením ozubené tyče, kterou nese vahadlo, které při jistém úhlu výkyvu uvolňuje obraceč. Vtažená ozubená tyč se vychýlí o daný úhel výkyvu již při kratším zdvihy vozu. Výkyv uvolněného obraceče vede k přesunu reverzačního zařízení a tím i ke změně směru pohybu vozu.

Schéma reverzace po uvolnění levé západky 2a obraceče 1 pomocí neznázorněného vahadla vykyvovaného ozubenou tyčí, spojenou s vedením vozu (horní úvrat') a po následném výkyvu obraceče 1 je zřejmé z obr.221.





Obr.221 Schéma reverzace pohybu cívkového vozu

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| 1... obraceč          | a... přítlak stavěcího šroubu vahadla při hodní úvrati vozu |
| 2... západky obraceče | b... přítlak stavěcího šroubu vahadla při dolní úvrati vozu |
| 3... cívkový vůz      |   |
| 4... reverzní náhon   |   |

Moderním řízením, které nahrazuje doposud používaná mechanická ústrojí, je aplikace elektronických systémů, které řídí uvedené technologické operace. Příkladem je křídlový předpřádací stroj fy Grossenhainer Textilmaschinenbau, typ BF 224. Počítačem jsou řízeny čtyři motory (náhon průtahového ústrojí, náhon křídlových vřeten, náhon cívek a náhon cívkového vozu). Tento systém přejímá funkci konvenčních strojních skupin (konoidy, resp.kužele, vratné ústrojí, diferenciál, různé měny a pomocné náhony).

### **2.8.4 Navíjení příze na prstencovém dopřádacím stroji**

Navíjení příze na prstencovém dopřádacím stroji se uskutečňuje převážně ve formě kuželovitého vinutí. Znamená to tedy, že se příze navíjí na kužel, neboli při navíjení se plynule mění průměr, na který navíjíme. Rovněž počet oběhů běžce na jednotku časovou je proměnlivou veličinou v závislosti na průměru navíjení.

$$n_b = n_v - \frac{v_p P_s}{\pi d_k} \quad (206)$$

$n_b$ ... počet oběhů běžce po prstenci za jednotku časovou [1/min]

$n_v$ ... frekvence otáčení vřetene [1/min]

$v_p$ ... odváděcí rychlost průtahového ústrojí [m/min]

$d_k$ ... obecný průměr kužele [m]

$P_s$ ... stupeň seskání – zkrácení příze v důsledku zákrutu

Pro navíjení příze na dutinku je nezbytná rozdílná frekvence otáčení vřetene a běžce, který se pohybuje po prstenci. Rovnice (206) vyjadřuje proměnlivý počet oběhů běžce jako funkce průměru navíjení (první podmínka navíjení).

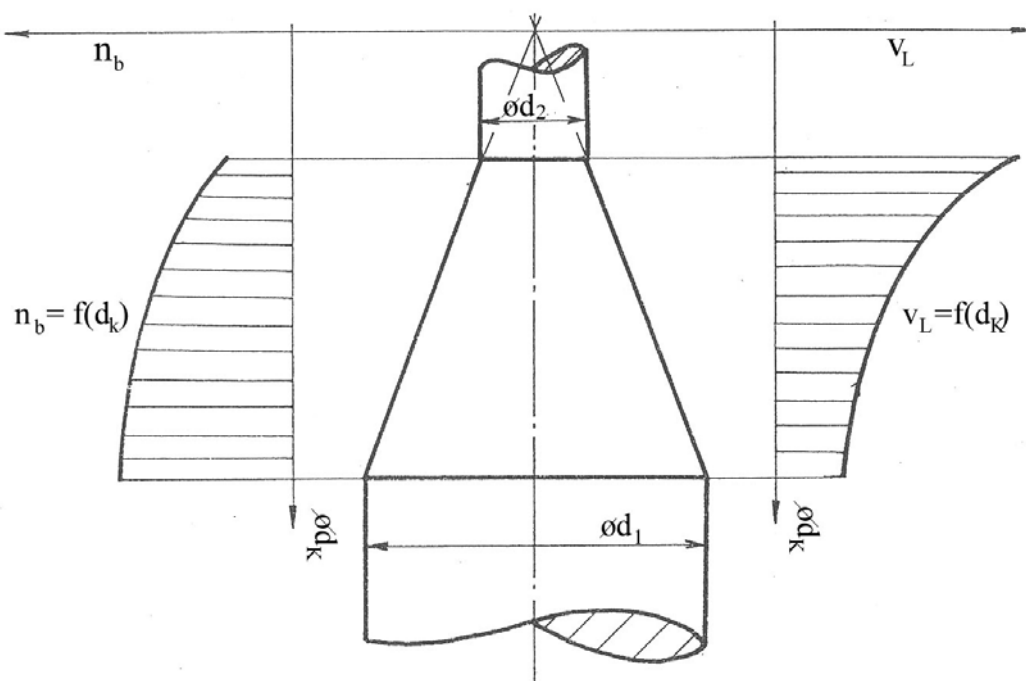
Příze je rozváděna podél osy dutinky, což je zajištěno postupným vratným pohybem prstencové lavice. Hustota ukládání ovinů příze se zabezpečuje volbou rychlosti pohybu prstencové lavice. Rychlost prstencové lavice je dána druhou podmínkou navíjení:

$$v_L = \frac{v_p P_s h}{\pi d_k} \quad (207)$$

$v_L$ ... rychlost vratného pohybu prstencové lavice [m/min]

$h$ ... výška (stoupání) ovinu [m]

Z rovnice je zřejmé, že v souvislosti se změnou průměru navíjení se rychlost prstencové lavice mění. Rychlost lavice je nepřímo úměrná průměru, na který se navíjí.

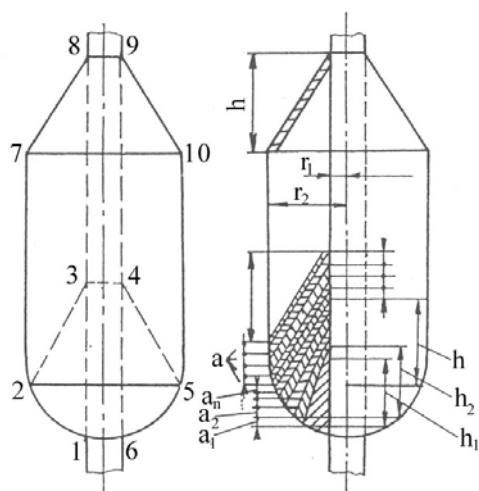


Obr.222 Průběh počtu oběhů běžce na jednotku časovou a rychlosti prstencové lavice v závislosti na průměru navíjení

### Tvorba potáče

Potáč tvořený kuželovým návínem pozůstává ze základu potáče a těla potáče. Nejprve se příze navíjí na prázdnou dutinku. Abychom vytvořili základ potáče, tvoří se první vrstvy krátké, postupně další vrstvy se prodlužují, tj. zdvih prstencové lavice se postupně zvětšuje, až

do konečného zdvihu. Po vytvoření základu potáče se tvoří tělo potáče. Výška kuželové části v tomto případě je konstantní a vnější tvar této části je válcový.



1,2,3,4,5,6... základ potáče

3,2,7,8,9,10

5,4,.....tělo potáče

$h_1 < h_2 < \dots < h$

Obr.223 Potáč s kuželovým návinem

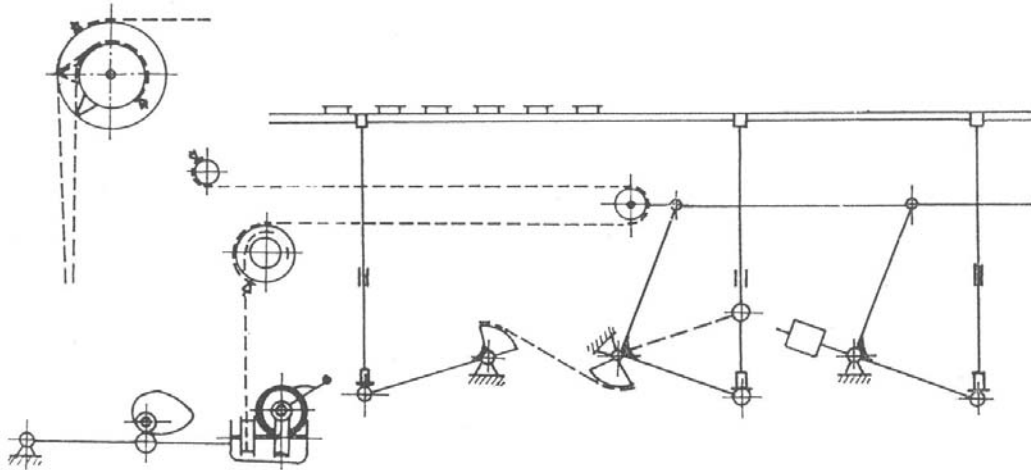
Vratný postupný pohyb prstencové lavice podél osy vřetene zajišťuje mechanismus. Tento mechanismus zároveň zajišťuje posuv vrstev směrem vzhůru.

Prstencová lavice koná tedy jednak pohyb ve směru nahoru a dolů se zdvihem  $h$  a navíc, jak již bylo uvedeno, postupně dochází k posuvu směrem vzhůru. Lze tedy říci, že prstencová lavice koná vratný postupný pohyb směrem vzhůru s tím, že v počátku (základ potáče) dochází k postupnému zvětšování zdvihu, až na konečnou hodnotu  $h$ . Postupné prodlužování vrstev může být zajištěno např. prohnutím řetězu v pohybovém ústrojí pomocí palce (obr. 224). Při stejném výkyvu srdcové páky je úhel pootočení řetězového kotouče menší a tudíž i zdvih prstencové lavice menší, pokud je řetěz prohnut palcem.

Vlastní tělo potáče se tvoří tak, že zdvih  $h$  je stálý. Pohyb prstencové lavice je odvozen od srdcovky. Srdcovka má přímý pohon. Srdcovka se stýká s kladičkou uloženou ve výkyvné páce a tento výkyv se přenáší převodem na prstencovou lavici. Tvar srdcovky musí být upraven tak, aby zdvihy  $h'_1, h'_2, \dots, h'_i, \dots, h'_n$  odpovídající stejným středovým úhlům otáčení, se postupně zvětšovaly, tj. aby rychlost lavice se postupně zvětšovala. Velikosti těchto zdvihů jsou v opačném poměru k odpovídajícím průměrům navíjení, tj.:

$$\frac{d_1}{d_i} = \frac{h'_i}{h'_1} \quad (208)$$

Připomeňme ještě, že poměr odpovídajících si rychlostí při pohybu nahoru a dolů je různý od jedné, např. pohyb prstencové lavice nahoru má nižší úroveň rychlostí než při pohybu dolů. Tím se dosáhne překřížení navinovaných vrstev a pevnější stavby potáče. Tomu pak odpovídá rozdělení srdcovky na dvě části příslušející obecně nestejným středovým úhlům, které přísluší pohybu prstencové lavice vzhůru a dolů.



Obr.224 Pohybové ústrojí prstencové lavice

### Síly působící v balonu

V důsledku rychlé rotace příze mezi vodičem a běžcem je příze formována působením odstředivých sil. V koncových bodech balonu působí ve směru tečny ke křivce balonu síly, které jsou v rovnováze se silami působícími na přízi v balonu. Součet odstředivých sil dává výslednou odstředivou sílu působící na přízi v balonu. Kromě těchto sil působí na přízi v balonu odpor vzduchu a dále jako méně významné síly – tíhová síla, Coriolisova síla, odstředivá síla, vyvolaná pohybem příze po zakřivené trajektorii.

Odpor vzduchu závisí na řadě faktorů, jejichž přesný vliv je těžko odhadnout. V důsledku odporu vzduchu zaujímá příze tvar prostorové křivky. V zjednodušení předpokládáme, že příze v balonu je rozložena v rovině. V tomto případě jde o rovnováhu tří sil. Pro rovnováhu tří sil je třeba, aby se jejich nositelky protínaly v jednom bodě. Za této podmínky snadno určíme polohu nositelky výsledné odstředivé síly. Průmět vektoru síly – odporu vzduchu je při tomto rozboru roven nule, neboť vektor je kolmý k průmětně.

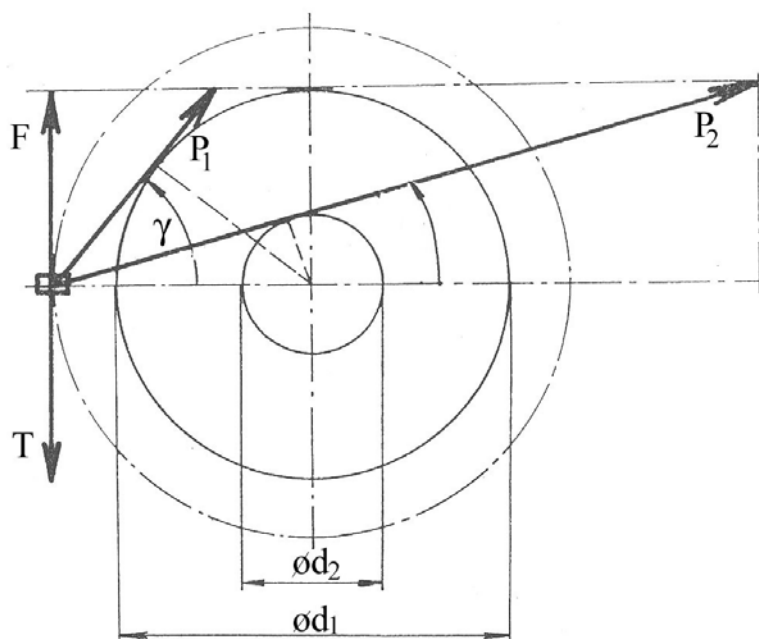
### Síly působící při navíjení

Za předpokladu, že třecí síla  $T$  mezi běžcem a prstencem je veličina přibližně konstantní (závisí především na odstředivé síle), pak i hnací síla běžce  $F$  je konstantní a tudíž podle schématu na obr.225 bude zřejmě:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (209)$$

$P_1$ ... osová síla v přízi na úseku mezi běžcem a návínem při průměru návínu  $d_1$  (průměr potáče)

$P_2$ ... osová síla v přízi na tomtéž úseku při průměru návínu  $d_2$  (průměr dutinky)



Obr.225 Schéma změny osová síly v přízi se změnou průměru návínu

Pro vyrovnávání osová síly v přízi se používají regulátory frekvence otáčení vřeten. Jestliže se příze navíjí na menší průměr a osová síla se zvětšuje, zmenšuje se frekvence otáčení vřeten a naopak. Aby při změně frekvence otáčení nedocházelo k periodickým změnám zákrutů je nutno, aby změně frekvence otáčení vřetene odpovídala i příslušná změna pro průtahové ústrojí, tj. nesmí dojít ke změně poměru frekvence otáčení vřeten a dodávky průtahového stroje.

### Přetrhovost při dopřádání

Obecně přetrh příze nastává v okamžiku, kdy okamžitá pevnost příze jen nižší než okamžitá osová síla v přízi.

Základní příčiny, které vyvolávají zvýšenou přetrhovost jsou zejména: nesprávný výběr vláknenné suroviny, hmotová nestejnomyernost a vady v přástu, hmotová nestejnomyernost příze a její vady, špatný stav stroje ( průtahového ústrojí, vodičů, vřeten, prstenců, běžců), nesprávné seřizení. Významný je i vliv klimatických podmínek v provozu (teplota, relativní vlhkost).

Přetrhy na dopřádacím stroji mohou nastat na úseku do průtahového ústrojí, v průtahovém ústrojí a po něm. Ukazuje se, že poměrně značné množství přetrhů nastává na úseku mezi průtahovým ústrojím a vodičem příze.

Přetrhovost je závažným problémem, neboť snižuje praktickou výrobnost, rostou nároky na obsluhu, resp. na vybavenost automatizací, snižuje se kvalita příze.

Praxe ukazuje, že přetrhovost silně kolísá na jednotlivých vřetenech. Zvláštní pozornost je třeba věnovat kontrole těch spřádacích míst, kde je vysoká přetrhovost. Existence vřeten pracujících s velmi nízkou přetrhovostí svědčí o tom, že při vysoké kvalitě přástu, dobrém stavu stroje lze přetrhovost výrazně snížit. Jako moderní prostředky jsou v této souvislosti využívány automatizované systémy pro sběr a vyhodnocování dat.

Běžným vyjadřováním přetrhovosti je počet přetrhů na 1000 vřeten za hodinu.

### **2.8.5 Navíjení příze na rotorovém dopřádacím stroji**

Příze je na rotorových strojích odváděna odtahovým ústrojím ze spřádacích rotorů konstantní rychlostí, aby byla zaručena výroba určité jemnosti a odpovídajícího zákrutu.

Odtahové ústrojí je tvořeno ocelovým odtahovým válcem, přítlačným válečkem s pružinovým přítlakem a rozváděčem příze, které zabraňují předčasnému opotřebení elastických potahů přítlačných válečků.

Vlastní navinovací ústrojí je tvořeno následujícími hlavními částmi: ocelový navíjecí válec, rozváděč příze, navíjecí rameno se zařízením pro konstantní přítlak přízové cívky k navíjecím válcům.

Navíjecí ramena dovolují výměnu cívek i za chodu stroje. Pružina zajišťuje ramena i v odklopené poloze při výměně cívek, odstraňování přetrhu, nebo jiné manipulaci. V pracovní poloze zajišťuje tato pružina konstantní přítlak. Příze je rozváděna pomocí vodičů, poháněných z rozváděcích skříní.

Tvorba příze u bezvřetenového rotorového spřádacího systému nezávisí na způsobu navíjení, neboť jde, jak již bylo uvedeno o systém s odděleným zakrucováním a navíjením. Jako návinu se používá válcové nebo kuželové cívky s křížovým vinutím, která je velmi vhodná za podmínek kontinuální a rovnoměrné dodávky příze.

Velikost koncového návínu na stroji je omezena zejména roztečí spřádních míst. S ohledem na zmíněné oddělení procesu zakrucování a navinování lze plné náviny snímat bez přerušení předení. Uvedený druh návínu je velmi výhodný z hlediska následných technologických operací a ve srovnání s potáčem poskytuje mnohonásobně vyšší zásobu příze.

Důležitým faktorem spřádacího procesu je osová síla v přízi, která svojí úrovní na úseku mezi odtahovacím a navíjecím ústrojím ovlivňuje tuhost návínu a stav napjatosti v tělese návínu.

Průměrná osová síla na úrovni osy spřádacího rotoru je dána již uvedeným vztahem (183).

$$R_0 = \frac{n_3^2 \cdot r_3^2 \cdot 9,81}{1,8 \cdot 10^{15}}$$

$R_0$ ... poměrná osová síla na úrovni osy spřádacího rotoru [N/tex]

$n_3$ ... frekvence otáčení rotoru [1/min]

$r_3$ ... poloměr sběrného povrchu spřádacího rotoru [mm]

Tento vztah postihuje vliv frekvence otáčení rotoru a poloměru sběrného povrchu, jak to již bylo uvedeno v části týkající se vysokoobrátkových rotorových strojů. Nyní v souvislosti s problematikou navíjení si všimneme dalšího průběhu osově síly v přízi na jednotlivých úsecích odtahových cest.

Osová síla v přízi  $R_0$  se v dalších úsecích mění na hodnoty  $R_1, R_2 \dots R_5$ , přičemž ke změnám osových sil dochází v důsledku třecího styku příze v místech lomu odtahových cest a úpravou rychlostních poměrů mezi odtahovým a navíjecím ústrojím. Poměrná osová síla v určitém úseku je obecně dána vztahem (184):

$$R_v = R_0 \cdot e^{\sum_{i=1}^k \mu_i \alpha_i}$$

$R_v$  ... poměrná osová síla v přízi na k-tém úseku [N/tex]

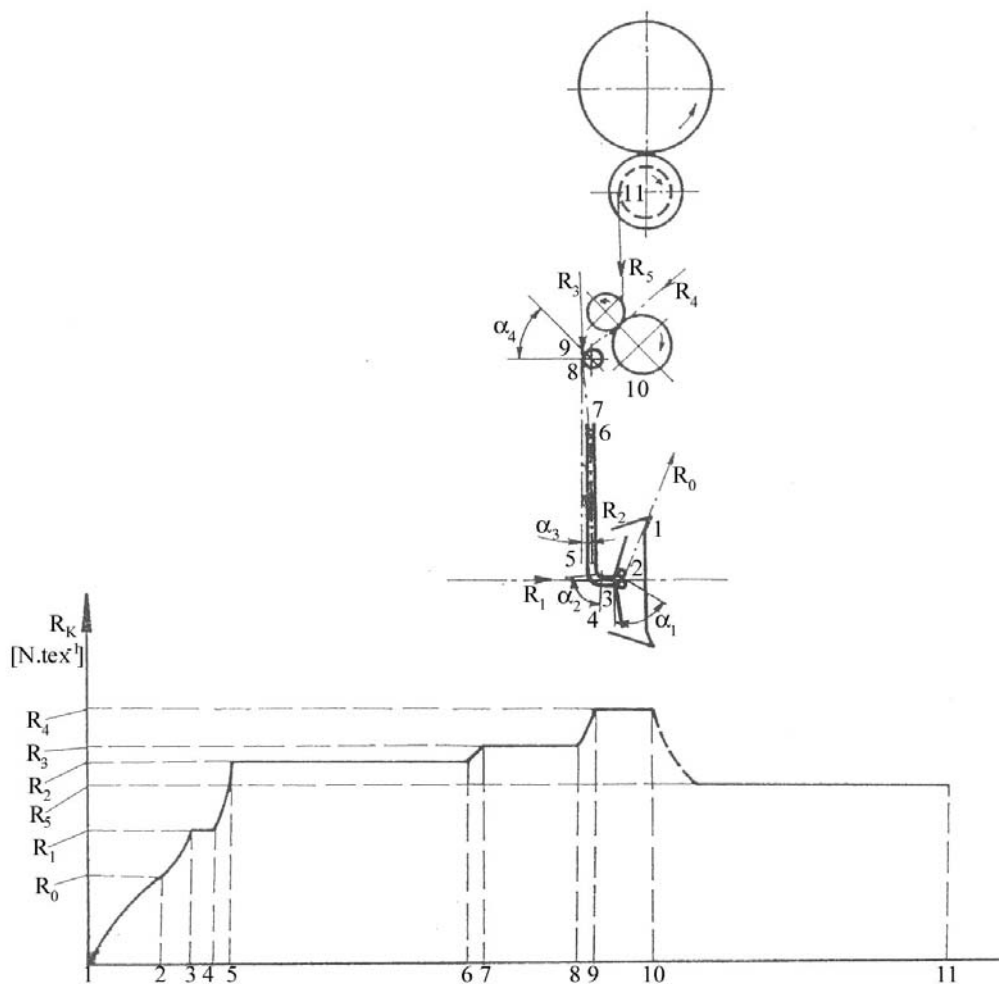
$\mu_i$ ... koeficient tření příze v odtahové cestě (zlom mezi i-1 a i-tým úsekem)

$\alpha_i$ ... úhel opásání příze v odtahové cestě (zlom mezi i-1 a i-tým úsekem)

Ze vztahu (184) plyne, že maximální úroveň má osová síla  $R_4$

$$R_v = R_0 e^{\sum_{i=1}^k \mu_i \alpha_i} = R_0 e^{\mu_1 \alpha_1 + \mu_2 \alpha_2 + \mu_3 \alpha_3 + \mu_4 \alpha_4} \quad (210)$$

Na úseku mezi odtahovým a navíjecím ústrojím dochází k poklesu osově síly v přízi. Úroveň osově síly v tomto úseku lze regulovat měnou MN (viz kinematické schéma stroje BD 200R –obr.196).



Obr.226 Odtahové cesty BD 200 a průběh osově síly [1]



## DODATEK

### k teoretickému základu prostředků matematického modelování

#### Základní poznatky z teorie markovských řetězců [24],[25]

Tyto poznatky byly užity při pravděpodobnostním modelování mykání.

Určení markovského řetězce: Konečný stochastický proces se nazývá markovský řetězec, jestliže výsledek daného pokusu závisí pouze na výsledku předcházejícího pokusu a charakter této závislosti je stejný pro všechny etapy posloupnosti pokusů.

Nechť  $S_1, S_2, \dots, S_r$  je konečná množina možných stavů určitého systému a v každém časovém okamžiku se systém nachází v jednom stavu. Během doby systém přechází v diskrétních krocích z jednoho stavu do druhého. Každý takovýto přechod tedy nazýváme krokem. Pravděpodobnost, že systém přechází během 1 kroku ze stavu  $S_i$  do stavu  $S_j$  závisí pouze na stavu  $S_i$ , nikoliv na postupu předchozími stavy.

Markovský řetězec je dále charakterizován tím, že pravděpodobnost přechodu  $p_{ij}$  ze stavu  $S_i$  do stavu  $S_j$  je určena pro všechny uspořádané stavy a hodnoty pravděpodobnosti jsou nezávislé na čase. Dále musí být dán výchozí stav, ve kterém se nachází systém v počátečním okamžiku času.

Markovský řetězec můžeme tedy charakterizovat jako soustavu pravděpodobností, určenou výchozím rozdělením pravděpodobností a maticemi pravděpodobností přechodu. Jsou-li pravděpodobnosti nezávislé na čase, jedná se o homogenní soustavu pravděpodobností. Jde tedy o homogenní markovský řetězec, který se vyznačuje konečnou množinou stavů, čas probíhá v diskrétních krocích a pravděpodobnosti přechodu jsou nezávislé na čase.

#### Vyjádření markovského řetězce [24]

Systém hodnot pravděpodobností  $p_{ij}$  může být dán diagramem, nebo stochastickou maticí. Použijeme formu maticovou.

Stochastická matice:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdot & \cdot & p_{1r} \\ p_{21} & \cdot & & & \\ \cdot & & \cdot & & \\ \cdot & & & \cdot & \\ p_{r1} & & & & p_{rr} \end{pmatrix} \quad (D1)$$

musí splňovat následující podmínky:

$$1) \sum_{j=1}^r p_{ij} = 1 \quad (D2)$$

2) komponenty jsou nezáporná čísla

$$p_{ij} \geq 0 \quad (D3)$$

Dále je nutné ještě určit, v jakém stavu začíná proces. Předpokládáme-li, že počáteční stav se vybírá náhodným výběrem, lze počáteční pravděpodobnosti uspořádat ve formě pravděpodobnostního vektoru.

Pokud s naprostou jistotou známe výchozí stav procesu, tak se problém zjednodušuje. Zpravidla předpokládáme, že výchozím stavem je stav  $S_1$ .

Markovské řetězce absorpční [24],[25]

Markovský řetězec je řetězcem absorpčním, jestliže má nejméně jeden absorpční stav (tj. stav, z něhož nelze přejít v žádný jiný stav) a z každého neabsorpčního stavu je možný přechod do absorpčního stavu (ze jeden nebo více kroků).

Pro markovský řetězec absorpční platí, že pravděpodobnost toho, že po  $n$ -krocích skončí v jednom z absorpčních stavů, se vzrůstajícím  $n$  blíží k jedné.

Studium markovských řetězců umožnilo získat zajímavé výsledky, jejichž aplikace v dalším pomohou k získání důležitých poznatků. Vycházíme, jak již bylo uvedeno, vesměs z maticové formy vyjádření markovského řetězce.

Střední počet průchodů systémem přes neabsorpční stavy

Podle [24], [25] platí:

$$N = (I - Q)^{-1} \quad (D4)$$

Element matice  $N$  udává střední počet průchodů systému  $j$ -tým stavem, jestliže výchozím stavem je stav  $i$ -tý.

Matice  $N$  je stejného řádu jako matice  $Q$ . Matice  $Q$  se vyplývá ze základní stochastické matice  $P$ :

$$P = \left( \begin{array}{c|c} Q & R \\ \hline O & I \end{array} \right) \left. \begin{array}{l} \} s \\ \} c-s \end{array} \right\} \quad (D5)$$

$$\underbrace{\quad}_{s} \quad \underbrace{\quad}_{c-s}$$

I - podmatice (c-s).(c-s)	jednotková
O - podmatice (c-s).s	nulová
R - podmatice s.(c-s)	přechodu z neabsorpčních do absorpčních stavů
Q - podmatice s.s	neabsorpčních- tranzitních stavů

Další teoretické poznatky viz: [24], [25].

### **Teorie stacionárního lineárního dynamického systému**

Tato problematika byla užita při dynamickém modelování procesů, resp. systémů protahování a cyklického druzení u rotorového dopřadacího systému.

#### Stacionární lineární dynamický systém

Stacionární, lineární dynamický systém se vyznačuje tím, že vstupní náhodná funkce (účinek) i výstupní náhodná funkce (reakce) jsou stacionární náhodné funkce a operace, jejímž výsledkem je transformace náhodné funkce na vstupu  $y(x)$  v náhodnou funkci na výstupu  $z(x)$  lze vyjádřit rovnicí:

$$z(x) = L\{y(x)\} \quad (D6)$$

přičemž  $L$  je lineární operátor. Poznamenejme, že k lineárním operátorům patří operátory, které splňují podle [55] příslušné podmínky:

$$a) L\{y_1(x) + y_2(x)\} = L\{y_1(x)\} + L\{y_2(x)\} \quad (D7)$$

tj. transformovaný součet funkcí je roven součtu transformovaných funkcí

$$b) L\{c_k y(x)\} = c_k \cdot L\{y(x)\} \quad (D8)$$

tj. konstantu  $c_k$  je možno vytknout před znak operátoru

$$c) L\{0\} = 0 \quad (D9)$$

tj. při nulovém vstupním působení se reakce rovná nule

Na základě uvedených podmínek můžeme posoudit podle fyzikální povahy dynamického systému, zda jde o systém lineární. Skutečností je, že v technické praxi se lineární systémy poměrně často vyskytují a ještě častěji se vyskytují systémy, které ve známých hranicích připouštějí linearizaci.

Protože v naší technické aplikaci se zabýváme stacionárním, lineárním dynamickým systémem, poznamenejme ještě několik důležitých poznatků o tomto systému.

Přenosová funkce neboli frekvenční charakteristika lineárního dynamického systému je obecně definována [56]:

$$F(i\omega) = \frac{A_2(i\omega)}{A_1(i\omega)} e^{i\varphi(\omega)} \quad (D10)$$

Poměr amplitud v rovnici (D10) je modul přenosové funkce:

$$\text{mod } F(i\omega) = |F(i\omega)| = \frac{A_2(\omega)}{A_1(\omega)} \quad (D11)$$

Protože v odborné textilní literatuře se též objevila v případě cyklického družení aplikace obecněji pojatého přenosu [43], uveďme si nejdůležitější souvislosti tzv. přenosu. Přenosem rozumíme poměr operátorového obrazu (ve smyslu Laplaceovy transformace) výstupního signálu k obrazu signálu vstupního.

$$F(p) = \frac{L\{g(x)\}}{L\{f(x)\}} \quad (D12)$$

Pro  $p=i\omega$  je přenos totožný s komplexním poměrem výstupního harmonického signálu k vstupnímu.

Dále doplníme potřebný teoretický základ o tzv. algebru přenosů. Protože pracujeme prakticky pouze se sériovým řazením jednotlivých dílčích členů systémů uveďme, že přenos sériově řazených členů je dán součinem dílčích přenosů.

$$F_v(p) = F_1(p) \cdot F_2(p) \cdot \dots \cdot F_n(p) \quad (D13)$$

Náhodné funkce  $y(x)$  nazýváme stacionární, pokud její následující charakteristiky nezávisí na proměnné  $x$  [55]:

a) Podmínka konstantní střední hodnoty

$$m_y(x) = m_y = \textit{konst.} \quad (D14)$$

b) Podmínka konstantního rozptylu

$$\sigma_y^2(x) = \sigma_y^2 = \textit{konst.} \quad (D15)$$

c) Podmínka argumentu korelační funkce

$$K_y(x, x + \delta) = K_y(\delta) \quad (D16)$$

Korelační funkce stacionárního náhodného procesu není funkcí dvou, nýbrž jednoho argumentu.

Z výše uvedených podmínek vyplývá:

$$\sigma_y^2(x) = K_y(x, x) = K_y(0) = \textit{konst.} \quad (D17)$$

Zároveň můžeme konstatovat, že podmínka (D16) je velmi důležitá. To znamená, že stacionární náhodná funkce je taková náhodná funkce, jejíž korelační funkce nezávisí na dvou argumentech, nýbrž závisí na rozdílu mezi nimi. Zároveň platí podmínka symetrie:

$$K_y(\delta) = K_y(-\delta) \quad (D18)$$

V praxi používáme zpravidla normovanou korelační funkci:

$$\rho_y(\delta) = \frac{K_y(\delta)}{\sigma_y^2} \quad (D19)$$

Z hlediska aplikace na podmínky průběhu jemnosti přádelnického produktu je ještě důležitou otázkou tzv. ergodické vlastnosti stacionárních náhodných funkcí. Náhodná funkce má ergodickou vlastnost, pokud průměrná hodnota jedné realizace náhodné funkce na dostatečně velkém intervalu pozorování se rovná průměru vyplývajícího z určitého množství pozorování na kratším intervalu. Jedna realizace dostatečné délky tudíž může nahradit při zpracování množinu realizací celkově stejné délky. Konvergence korelační funkce k nule při argumentu blížícím se nekonečnu potvrzuje ergodičnost procesu.

Vysvětlení použitých znaků:

$y(x)$ .....	náhodná funkce na vstupu dynamického systému
$z(x)$ .....	náhodná funkce na výstupu dynamického systému
$L$ .....	lineární operátor
$y_1(x), y_2(x)$ ...	náhodné funkce na vstupu a výstupu dynamického systému
$c_k$ .....	konstanta
$F(i\omega)$ .....	přenosová funkce lineárního, dynamického systému, neboli frekvenční charakteristika
$ F(i\omega) $ .....	modul přenosové funkce systému
$\text{mod } F(i\omega)$ .....	modul přenosové funkce systému
$A_2(\omega)$ .....	amplituda výstupních kmitů o frekvenci $\omega$
$A_1(\omega)$ .....	amplituda vstupních kmitů o frekvenci $\omega$
$\varphi(\omega)$ .....	fázové posunutí kmitů o frekvenci $\omega$
$F(p)$ .....	přenos
$g(x)$ .....	výstupní signál
$f(x)$ .....	vstupní signál
$F_1(p), F_2(p), \dots, F_n(p)$ ...	dílčí přenosy
$m_y(x)$ .....	střední hodnota náhodné funkce v závislosti na $x$
$m_y$ .....	střední hodnota stacionární náhodné funkce (nezávislá na $x$ )
$\sigma_y^2(x)$ .....	rozptyl náhodné funkce v závislosti na $x$
$\sigma_y^2$ .....	rozptyl stacionární náhodné funkce (nezávisí na $x$ )
$K_y(\delta)$ .....	korelační funkce stacionární, náhodné funkce v závislosti na jednom argumentu $\delta$
$\rho_y(\delta)$ .....	normovaná korelační funkce
$F_v(p)$ .....	výsledný přenos

## Laplaceova transformace

S problematikou Laplaceovy transformace se setkáme v souvislosti s problematikou přenosu při dynamickém modelování dílčího systému rotorového dopřádání (cyklické družení).

Základní definice:

$$L\{\varphi(t)\} = \int_0^{\infty} \varphi(t) \cdot e^{-st} \cdot dt = F(s) \quad (D20)$$

tj. danou funkci  $\varphi(t)$  násobíme výrazem  $e^{-st}$  a integrujeme v mezích od 0 do  $\infty$ . Funkci  $\varphi(t)$  nazýváme originálem, funkci  $F(s)$  obrazem tohoto originálu. Transformaci značíme symbolicky  $L$ . Proměnné jsou  $t$ , resp.  $s$ .

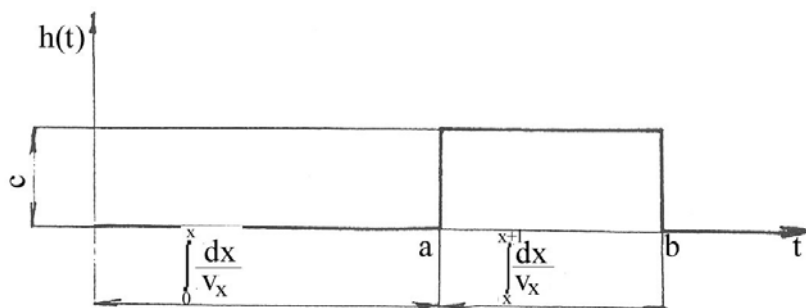
## Modul přenosové funkce průtahového ústrojí [60]

Předpokládejme průchod napřímeného vlákna (jednotná délka vláken  $l$ ) kolem obecných bodů  $x_1$  a  $x_2$  rychlostního pole průtahového systému. V obecném bodě  $x$  platí pro čas průchodu následující rovnice:

$$t_x = \int_x^{x+l} \frac{dx}{v_x} \quad (D21)$$

$t_x$ ... doba průchodu vlákna délky  $l$  kolem obecného bodu v rychlostním poli průtahového systému v poloze  $x$

$v_x$ ... rychlost vlákna v poloze  $x$  (poloha určena charakteristickým bodem – např. předním koncem)



Obr. 227 Časový diagram průchodu vlákna bodem  $x$   
 $h(t)$ ... časová funkce tloušťky vlákna, resp. vlákenného produktu

Provedeme Laplaceovu transformaci funkce  $h(t)$  (časová funkce tloušťky vlákna, resp. vlákenného produktu s použitím příslušných mezí).

$$L\{h(t)\} = \int_0^{\infty} e^{-st} \cdot h(t) dt = c \int_a^b e^{-st} dt = c \cdot \left[ \frac{e^{-st}}{-s} \right]_a^b = \frac{c}{s} \left[ e^{-sa} - e^{-sb} \right] \quad (D22)$$

$a, b, \dots$  integrační meze

$c, \dots$  míra tloušťky vlákna

$s, \dots$  parametr Laplaceovy transformace

$$h(t)=0 \quad t \in \langle 0; a \rangle$$

$$h(t)=c \quad t \in \langle a; b \rangle$$

$$h(t)=0 \quad t \in \langle b; \infty \rangle$$

$$L\{h(t)\} = \frac{c}{s} \left[ e^{-sa} - e^{-sb} \right]$$

$$a = \int_0^x \frac{dx}{v_x}$$

$$b = \int_0^x \frac{dx}{v_x} + \int_x^{x+l} \frac{dx}{v_x} = \int_0^{x+l} \frac{dx}{v_x}$$

$$L\{h(t)\} = \frac{c}{s} \left[ e^{-s \int_0^x \frac{dx}{v_x}} - e^{-s \int_0^{x+l} \frac{dx}{v_x}} \right]$$

Přenosová funkce  $F_p[s]_{x_1, x_2}$  tloušťky vláknenného útvaru mezi body  $x_2, x_1$  průtahového pole:

$$F_p[s]_{x_1, x_2} = \frac{\exp\left(-s \int_0^{x_2} \frac{dx}{v_x}\right) - \exp\left(-s \int_0^{l+x_2} \frac{dx}{v_x}\right)}{\exp\left(-s \int_0^{x_1} \frac{dx}{v_x}\right) - \exp\left(-s \int_0^{l+x_1} \frac{dx}{v_x}\right)} \quad (D23)$$

Přenosová funkce  $F_p[s]$  tloušťky vláknenného útvaru mezi bodem  $x$  průtahového pole a počátkem průtahového pole  $x=0$ :

$$F_p[s]_x = \frac{\exp\left(-s \int_0^x \frac{dx}{v_x}\right) - \exp\left(-s \int_0^{l+x} \frac{dx}{v_x}\right)}{1 - \exp\left(-s \int_0^l \frac{dx}{v_x}\right)} \quad (D24)$$

Přenosová funkce  $F_p[s]$  tloušťky vláknenného útvaru mezi koncem průtahového pole  $x=L$  a počátkem průtahového pole  $x=0$ :

$$F_p[s] = \frac{\exp\left(-s \int_0^L \frac{dx}{v_x}\right) - \exp\left(-s \int_0^{l+L} \frac{dx}{v_x}\right)}{1 - \exp\left(-s \int_0^l \frac{dx}{v_x}\right)} \quad (D25)$$

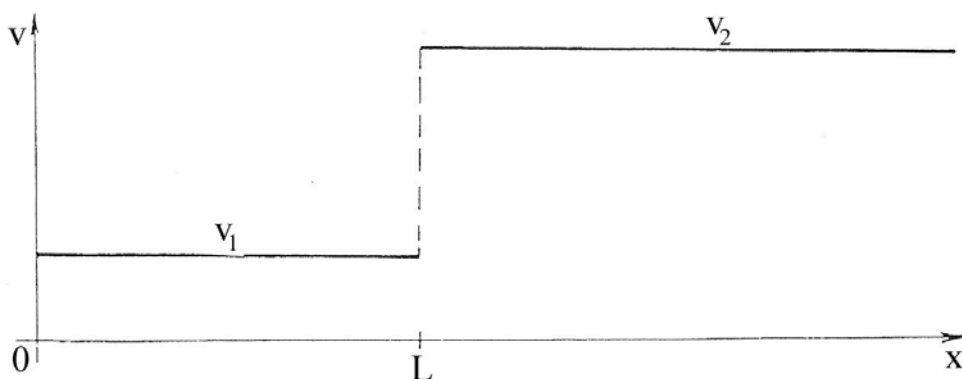
Vzhledem ke koncepci moderních průtahových ústrojí dopřadacích strojů (tříválcové, dvouřemínkové průtahové ústrojí) budeme uvažovat následující rychlostní pole průtahového systému.

Předpokládáme, že vlákno se bude pohybovat v rozsahu  $x=0$  až  $x=L$  rychlostí přiváděcí, tj.  $v_1$ . Teprve, když přední konec vlákna dosáhne svěru odváděcího páru přechází rychlost vlákna z  $v_1$  na  $v_2$ .

Vycházíme ze vztahu:

$$F_p[s] = \frac{\exp\left(-s \int_0^L \frac{dx}{v_x}\right) - \exp\left(-s \int_0^{L+l} \frac{dx}{v_x}\right)}{1 - \exp\left(-s \int_0^l \frac{dx}{v_x}\right)} \quad (D26)$$

V souladu s uvedeným předpokladem je grafické znázornění průběhu rychlosti podle obr.228.



Obr.228 Průběh rychlosti pohybu vlákna v průtahovém poli  
( $L$ ... vzdálenost mezi svěry odváděcích a přiváděcích válců)

Přenosová funkce uvedeného průtahového systému je:

$$F_p[s] = \frac{\exp\left(-s \int_0^L \frac{dx}{v_1}\right) - \exp\left[-s \left( \int_0^L \frac{dx}{v_1} + \int_L^{L+l} \frac{dx}{v_2} \right)\right]}{1 - \exp\left(-s \int_0^l \frac{dx}{v_1}\right)} \quad (D27)$$



$$F_p[s] = \frac{e^{-s\frac{L}{v_1}} - e^{-s(\frac{L}{v_1} + \frac{L+l}{v_2})}}{1 - e^{-s\frac{l}{v_1}}} \quad (\text{D28})$$

$$F_p[s] = \frac{e^{-s\frac{L}{v_1}} - e^{-s(\frac{L+l}{v_1})}}{1 - e^{-s\frac{l}{v_1}}}$$

$$F_p[s] = e^{-s\frac{L}{v_1}} \frac{1 - e^{-s\frac{l}{v_2}}}{1 - e^{-s\frac{l}{v_1}}} \quad (\text{D29})$$

Použijeme čtverec modulu přenosové funkce  $|F_p[i\omega]|^2$ , kde jsme nahradili parametr  $s$  výrazem  $i\omega$  ( $\omega$ ... úhlová frekvence harmonického kmitání)

$$\begin{aligned} |F_p[i\omega]|^2 &= F_p[i\omega]F_p[-i\omega] = \\ &= e^{-i\omega\frac{L}{v_1}} \cdot e^{i\omega\frac{L}{v_1}} \cdot \frac{1 - e^{-i\omega\frac{l}{v_2}}}{1 - e^{-i\omega\frac{l}{v_1}}} \cdot \frac{1 - e^{i\omega\frac{l}{v_2}}}{1 - e^{i\omega\frac{l}{v_1}}} = \frac{1 - e^{-i\omega\frac{l}{v_2}} - e^{i\omega\frac{l}{v_2}} + 1}{1 - e^{-i\omega\frac{l}{v_1}} - e^{i\omega\frac{l}{v_1}} + 1} = \\ &= \frac{2 - 2\frac{1}{2}\left(e^{-i\omega\frac{l}{v_2}} - e^{i\omega\frac{l}{v_2}}\right)}{2 - 2\frac{1}{2}\left(e^{-i\omega\frac{l}{v_1}} - e^{i\omega\frac{l}{v_1}}\right)} = \frac{1 - \frac{1}{2}\left(e^{-i\omega\frac{l}{v_2}} - e^{i\omega\frac{l}{v_2}}\right)}{1 - \frac{1}{2}\left(e^{-i\omega\frac{l}{v_1}} - e^{i\omega\frac{l}{v_1}}\right)} = \\ &= \frac{1 - \cosh(i\omega\frac{l}{v_2})}{1 - \cosh(i\omega\frac{l}{v_1})} = \frac{1 - \cos\omega\frac{l}{v_2}}{1 - \cos\omega\frac{l}{v_1}} = \frac{\sin^2\omega\frac{l}{2v_2}}{\sin^2\omega\frac{l}{2v_1}} \end{aligned} \quad (\text{D30})$$

Úhlovou frekvenci harmonického kmitání  $\omega$  nahradíme vlnovou délkou:

$$\omega = \frac{2\pi}{\lambda} v_2 \quad (\text{D31})$$

resp.

$$\omega = \frac{2\pi}{\lambda} v_1 \cdot p \quad (\text{D32})$$

kde  $p \dots$  průtah  $p = \frac{v_2}{v_1}$

Ze vztahu (D31), (D32) plyne možnost nahrazení  $\omega$  ve vztahu (D30)

$$|F[\lambda]| = \frac{\left| \sin 2\pi \frac{lv_2}{2\lambda v_2} \right|}{\left| \sin 2\pi \frac{l}{2v_1} \frac{v_1 p}{\lambda} \right|}$$
$$|F[\lambda]| = \frac{\left| \sin \pi \frac{l}{\lambda} \right|}{\left| \sin \pi \frac{l}{\lambda} p \right|} \tag{D33}$$

Modul poměrné přenosové funkce:

$$|F^*[\lambda]| = p \cdot \frac{\left| \sin \pi \frac{l}{\lambda} \right|}{\left| \sin \pi \frac{l}{\lambda} p \right|} \tag{D34}$$

## OBSAH

Předmluva .....	3
2.5 Konvertorový postup přípravy pramene .....	4
2.5.1 Úvod ke konvertorové technologii .....	4
2.5.2 Rozbor postupu dělení kabele řezáním .....	8
2.5.3 Rozbor postupu dělení kabele trháním .....	13
2.6 Protahování .....	22
2.6.1 Teorie protahování .....	22
2.6.2 Bavlnářská průtahová ústrojí .....	33
2.6.3 Průtahová ústrojí pro vlnářské vlákenné produkty .....	42
2.7 Zpevňování .....	47
2.7.1 Rozbor systémů předpřádání a dopřádání z hlediska členění na základní procesy.....	47
2.7.2 Zakrucování .....	47
2.7.2.1 Trvalý zákrut .....	48
2.7.2.2 Ústrojí pro tvorbu trvalého zákrutu .....	49
2.7.2.3 Bezvřetenový rotorový spřádací systém .....	56
2.7.2.4 Další nekonvenční dopřádací systémy .....	97
2.7.2.5 Nepravý zákrut .....	103
2.7.3 Skaní .....	109
2.8 Navíjení .....	115
2.8.1 Význam a použití procesu navíjení .....	115
2.8.2 Ukládání pramene do konve .....	115
2.8.3 Navíjení přástu na křídlovém předpřádacím stroji.....	117
2.8.4 Navíjení příze na prstencovém dopřádacím stroji .....	121
2.8.5 Navíjení příze na bezvřetenovém rotorovém dopřádacím stroji .....	126
Dodatek k teoretickému základu prostředků matematického modelování .....	129
Literatura .....	140

## LITERATURA

- [1] ROHLENA, V. et al: Bezvrětenové předení, SNTL, Praha, 1974
- [2] PAJGRT, O. –REICHSTÄDTER, B.: Polyesterová vlákna, jejich vlastnosti a textilní zpracování, SNTL, Praha, 1973
- [3] WEGENER, W.: Die Berechnung der idealen Spektrumfunktion, 1965, Melliand Textilberichte 46, č.11, s.1149
- [4] PERNER, H.: Technologie und Maschinen der Garnherstellung, Fachbuchverlag, Lipsko, 1968
- [5] NECKÁŘ, B.: Příze, tvorba, struktura a vlastnosti, SNTL, Praha, 1990
- [6] ZOLOTAREV, N.I. et al: Spravočnik po chlopkoprjadeniju, Legkaja industrija, Moskva, 1968
- [7] HEARLE, J.W.S. – GROSBERG, P. – BACKER, S.: Structural Mechanics of Fibers, Wiley and Sons, London, 1969
- [8] JEŽEK, J. et al: Zpracování polyesterových vláken, SNTL, Praha, 1969
- [9] KAŠPÁREK, J. – URSÍNY, P.: Souvislost nestejnomyšnosti rotorové příze s její vnitřní strukturou, 1977, Textil, 32, č.2, s. 42 – 47
- [10] ZEMAN, J. – MÍCHAL, P.: Inovace čl.mísících linek, 1977, Textil 32, č.7, s.256 – 258
- [11] HORÁK, V. – KRUPKA, F. – ŠINDELÁŘ, V.: Technická fyzika, SNTL, Praha, 1960
- [12] Firemní literatura Zellweger Uster
- [13] Firemní literatura Trützschler
- [14] Firemní literatura Rieter
- [15] Firemní literatura, Houget, Duesberg Bosson (HDB)
- [16] Firemní literatura Schlumberger (NSC)
- [17] EISENBURCK, L.: Teorie nestejnomyšnosti v přadláčké praxi, I,II,III, Textil 21, 1966, č.1,3,4.
- [18] ČSN 80 07 06: Zjišťování a hodnocení hmotné nestejnomyšnosti pramenů, přástů a nití, ÚNM Praha, 1970.
- [19] SIMON, J.: Spřádací procesy, I.díl. Skriptum, VŠST Liberec, 1977
- [20] SIMON, J.: Teorie předení (Spřádací procesy II.díl), Skriptum, VŠST Liberec, 1978
- [21] SCHWABE, B.: Deckelkarde, TH-Chemnitz, 1974
- [22] DVOŘÁK, J.: Švédské mykací povlaky, 1971, Textil31, č.6, s.188 –190

- [23] SINGH, A. – SWANI, N.M.: Quantitative Analysis of the Carding Action by the Flats and Doffer in a Revolving –Flat Card, 1973, Journal of the Textile Institute, č.3, s.115 – 123
- [24] KEMENY, J.G. – SNELL, J.L. – THOMPSON, G.L.: Vvedenje v konečnuju matematiku, IIL, Moskva, 1973
- [25] KEMENY, J.G.- SNELL, J.L.: Finite Markov Chains, Van Nostrand, New York, 1960
- [26] WIRTH, W.: Die Verarbeitung von Chemiefasern in der Halbkammgarnspinnerei, 1973, Textil Praxis, č.7, s.373 – 376
- [27] URSÍNY, P.: Struktura mykaného pramene, 1974, Textil 29, č.2, s.93 – 97
- [28] SIMON, J.: Spřádání vlny a chemických vláken I,II díl, VŠST Liberec, 1969, 1970
- [29] URSÍNY, P.: Metody stanovení pravděpodobností přechodu na válcovém mykacím stroji, 1972, Textilní strojírenství, č.60, s.1-16
- [30] SCHWABE, B.: Bandwickelmaschine und Baumwollkämmaschine, TU Chemnitz, 1971
- [31] SCHWABE,B. – ULLMANN,H.: Technologie und Maschinen der Kammgarn - und Streichgarnspinnerei, TU Chemnitz, 1978
- [32] SLYVAKOV,V.E.: Teoria i praktika stapelirovanija žgutovykh chimičeskich nitěj diferencovanyj razrezanijem, Legkaja industrija, Moskva, 1976
- [33] SIMON, J. – JURA, J: Spřádání bavlnářským způsobem, Skriptum VŠST, Liberec, 1968
- [34] VAN HELLE, V. at al.: Neues Herstellungsverfahren von geeigneten Bändern zur Speisung von OE-Spinnmaschinen, Firemní literatura fy Duranitre S.A.
- [35] WEGENER,W.: Die Streckwerke der Spinnereimaschinen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1965
- [36] ULLMAN, H.: Baumwollstrecke, TU Chemnitz, 1975
- [37] SCHWABE, B.: Baumwolflyer, TU Chemnitz,1974
- [38] SCHWABE, B.: Drehungen in textilen Faserbändern und Fäden, TU Chemnitz, 1973
- [39] URSÍNY, P.: Analýza vybraných faktorů vysokoobrátkového předení, 1978, Textil 33, č.7, s.246-249
- [40] SEVOSTJANOV, A.G, - NIKONOROV, P.V.: Issledovanija processa diskretizacii na mašinach BD 200, 1974, Textilnaja promyšlennost, č.2, s.20-22

- [41] URSÍNY, P.: Pravděpodobnostní analýza vlákenného toku v rotorovém spřádacím systému, Sborník prací VŠST Liberec 1978, s.327-334
- [42] MINORU,U. –AKIRA,S. – NOBUYISCHI, S.: A Study on Open-End Spinning, 1969, Journal of the Textile Machinery Societe of Japan, č.5, s.131 -140
- [43] SEVOSTJANOV,A.G. – CHAVKIN,V.P.: Osobennosti pneumomechaničeskovo sposoba prjadenija, 1967, Textilnaja promyšlennost, č.9, s.56-60
- [44] MAČÁK, K.: Některé aplikace matematiky v textilních oborech, 1978, Textil, 33, č.7, s.266-269
- [45] RIPKA,J.: OE-Spinneinheit der Maschine BD 200 als dynamisches System, 1974, Textiltechnik, č.12, s.747-755
- [46] RIPKA,J.: Bezvřetenové předení při otáčkách spřádacího rotoru 90 000 1/min, In.: Sborník „Progresivní textilní technologie“, DT Praha, 1974
- [47] STALDER,H.: Vliv rychlosti spřádacího rotoru na výrobní proces příze, In.: Sborník „Progresivní textilní technologie“ DT Praha, 1974
- [48] KRAUSE, H.W.: The Significance of Yarn Tension in Open-End Spinning, 1976, Journal of the Textil Institute, č.5, s.166-174
- [49] GRÜNER,S.: Erste Praxiserfahrungen mit dem Dref-Spinnsystem, 1976, Melliand Textilberichte, č.9, s.703-708
- [50] RYBNÍKÁŘ, J.: Samoskané příze Repco, Sborník „VII.celostátní konference přadláků vlny“ DT Žilina, 1973
- [51] STEJSKAL, A. – ŠLINGR, J. – BRYNDA,V.: Způsoby tvorby příze, VÚB, Ústí nad Orlicí, 1977
- [52] KUYMA,H. – KOBAYASHI,M. – KAZAMA,T.: Strenght and Elongation the Double (Two-fold) Staple Yarn, 1970, Journal of the Textile Machinery Society of Japan, 23, č.5, s.182-191
- [53] URSÍNY, P.: Spřádání bavlnářským způsobem II, VŠST Liberec, 1991
- [54] Firemní literatura Textima
- [55] VENTCELOVÁ, J.S.: Teorie pravděpodobnosti, Alfa Bratislava, 1973
- [56] BALDA,M. – BOŠEK,B. - DRÁB,Z.: Základy automatizace I, SNTL, Praha 1968
- [57] SEVOSTJANOV,A.G.: Metody issledovaniija nerovnoty produktov prjadenija, Rostechizdat, Moskva, 1962
- [58] URSÍNY,P.: Stroje a technologie dopřádání I, VŠST Liberec, 1984

- [59] URSÍNY,P.: Stroje a technologie dopřádání II, VŠST Liberec, 1984
- [60] SEVOSTĚJANOV,A.G. – CHAVKIN,V.P. – DIVINSKIJ,L.A.: Kinematičeskaja teorija vytjagivanija voloknistovo produkta, Izvestija vyššich učebnych zavedenij, Technologija textilnoj promyšlennosti, 1967, č.5, s.68-75
- [61] Návod k obsluze stroje BDA 10, BD 200RCE, BD 200RN, KTS Elitex Liberec, 1979,1982,1984
- [62] URSÍNY, P.: Spřádání bavlnářským způsobem II (dopřádání a skaní), Skriptum VŠST Liberec, 1991
- [63] URSÍNY, P.: Spřádání vlny a chemických vláken, Skriptum VŠST Liberec, 1987
- [64] KADEŘABEK,J. – KRACÍK,V.: Úvod do teorie pravděpodobnosti matematické statistiky a příbuzných oblastí, Skriptum VŠST Liberec, 1970
- [65] Firemní literatura Seydel