

# T: Vzduchotechnická zařízení

## Předmět Strojní mechanismy

### 1 Součásti větracích a odprašovacích zařízení

Mezi součásti větracích zařízení se řadí vzduchovody, ventilátory, čističe vzduchu (filtry) a výměníky tepla (ohříváče, chladiče, rekuperátory). Vzduchovody se obvykle sestávají z potrubí vyrobených jako rovné díly nebo tvarové kusy, žaluzií, nasávacích a výfukových hlavíc, výústek a anemostatů, tlumičů hluku a chvění.

#### 1.1 Vzduchovody

Vzduchovody slouží k vedení vzduchu, popřípadě směsi vzduchu odpadních materiálů typu pevných nebo plyných látek (škodlivin). Podle účelu se dělí na

- přívodní, které slouží k rozvodu vzduchu do větraných prostor,
- odsávací, sloužící k dopravě odpadního vzduchu znečištěného škodlivinami,
- dopravní, sloužící k dopravě směsi vzduchu a většího množství sypkého materiálu.

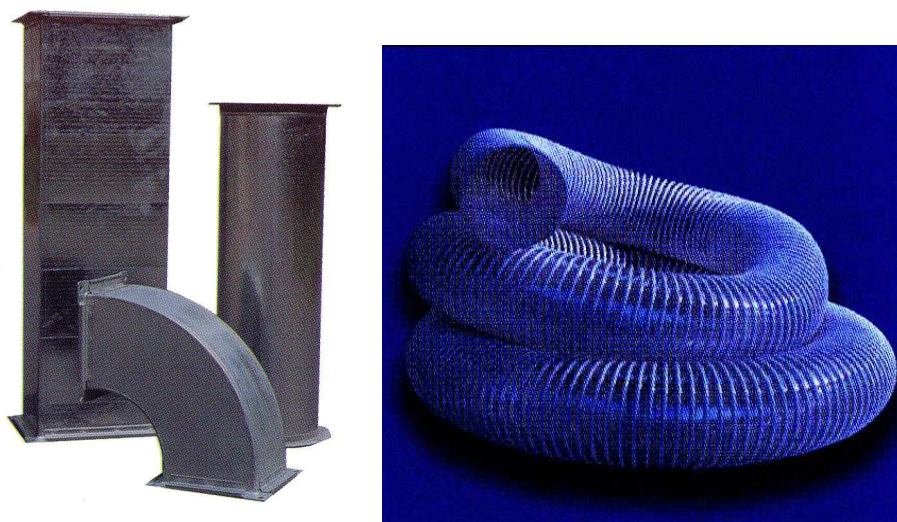
#### 1.2 Potrubí

Základním stavebním prvkem vzduchovodu je potrubí. Rovné díly se vyrábějí nejčastěji kruhového a obdélníkového průřezu, mohou však mít i trojúhelníkový i jiný průřez. Materiálem je obvykle ocelový plech pozinkovaný, nerezový, hliníkový, dále se používají hadice z PVC, PP, PE se zpevňující plastovou nebo ocelovou spirálou. Podle chemické aktivity abrazivnosti a teploty dopravované aerosměsi se volí materiálové provedení vzduchovodů.

Rozměry potrubí jsou dány oborovou normou ON 12 0006 a ON 12 0008, která doporučuje jak pro průměry tak pro hodnoty A a B obdélníkového průřezu následující řadu dle R 20: 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1 000 mm.

Tloušťka plechu se volí pro běžné podmínky odsávání, větrání a klimatizace 0,5 až 1,5 mm, pro teploty do 200 °C, odprašovací technologická zařízení a v dřevařském průmyslu 1 až 2,5 mm (upřesňuje PN 12 0320) a pro horké plyny do 350 °C a kouřovody 2 až 4 mm. Na tvarové kusy se volí plech asi o 1 mm tlustší.

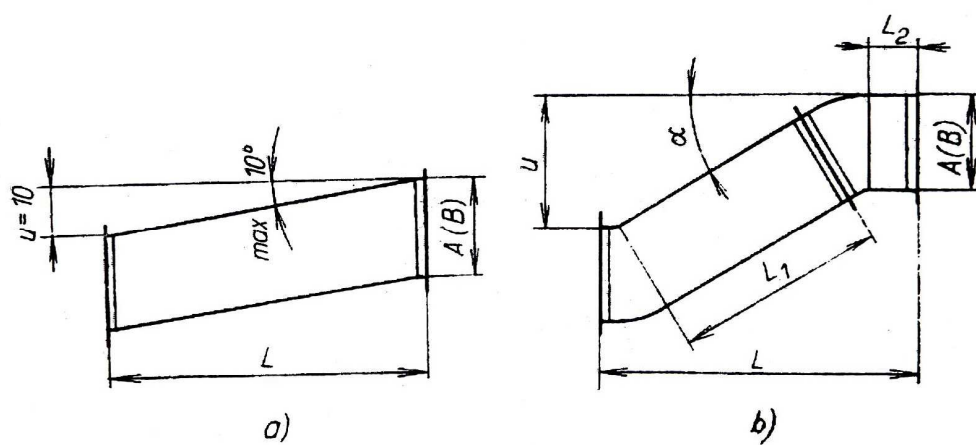
Na následujících obrázcích je uveden přehled základních částí potrubí. Rovné díly potrubí jsou spojovány přehybem s lemem nebo jsou opatřeny přírubami.



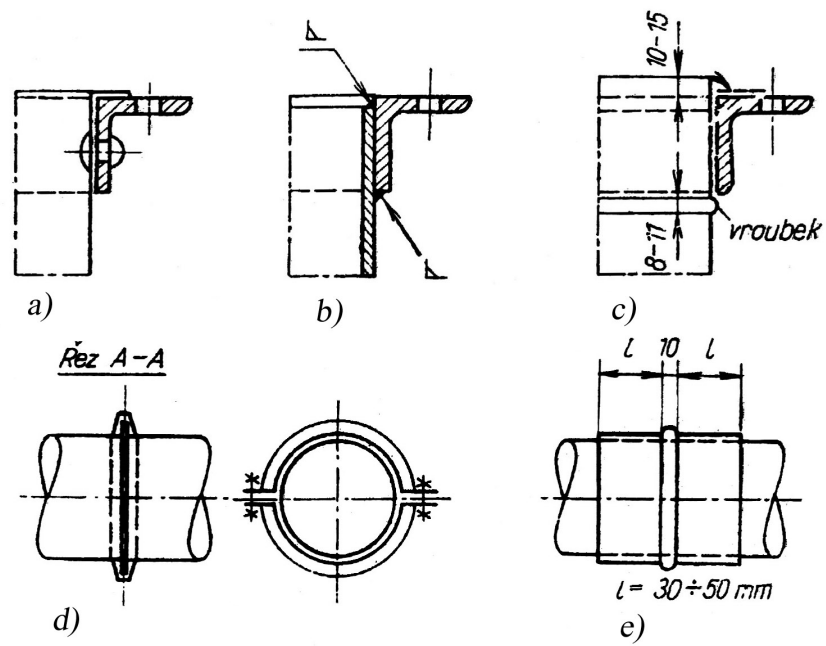
Obr. 3.1 Oblouk, rovná trouba a hadice



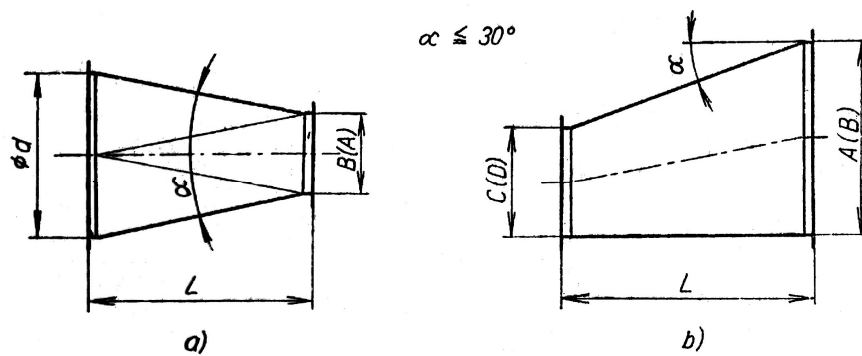
Obr. 3.2 Potrubí SPIRO



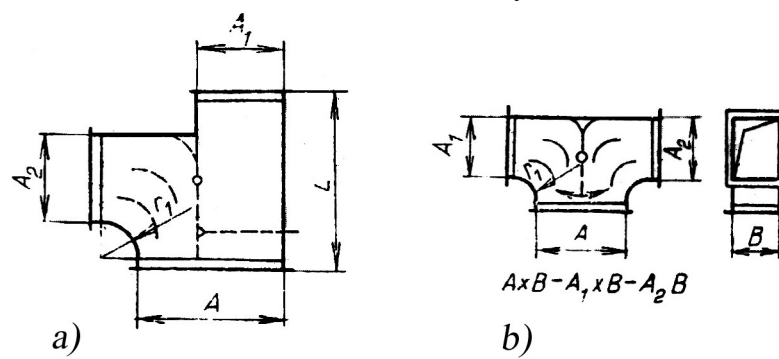
Obr. 3.3 Odskok



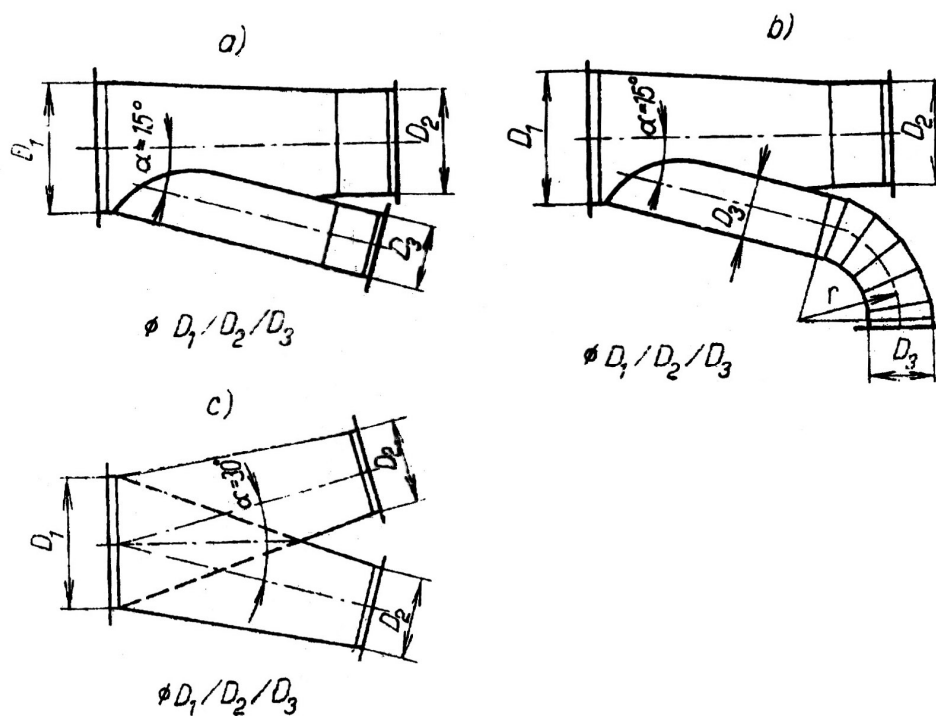
Obr. 3.4 Uchycení příruby a provedení spojů potrubí



Obr. 3.5 Přečhody



### 3.6 Čtyřhranné rozbočky

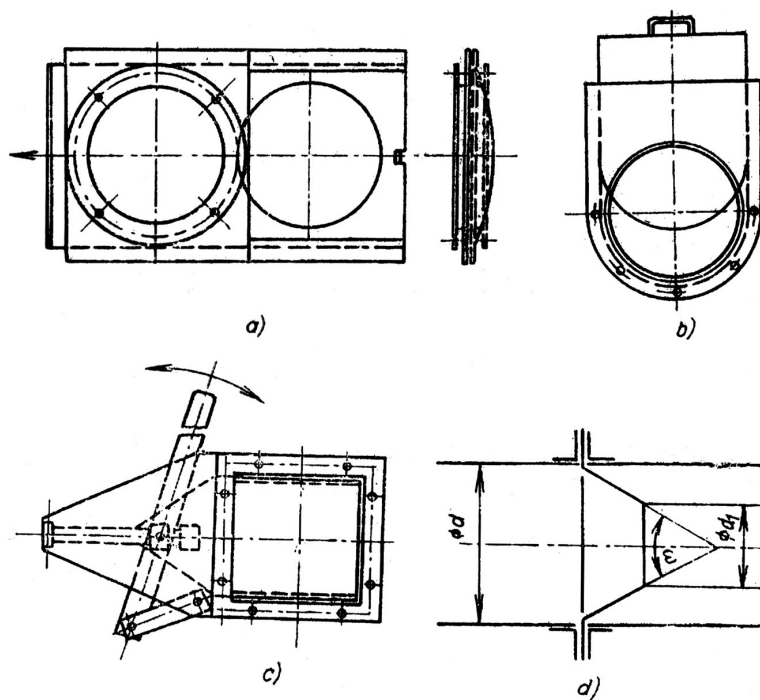


- a) odbočka s nástavcem      b) odbočka s obloukem  
c) odbočka koncová

Obr. 3.7 Kruhové odbočky

### 1.3 Šoupátka a regulační klapky

K uzavření nebo omezení průtoku vzduchu a tím i k ovlivnění hodnoty tlakového spádu (naškrncení tlaku) v rovném potrubí se zařazují šoupátka (obr. 3.8) nebo uzavírací a regulační kruhové klapky.



- a) průběžné
- b) neprůběžné

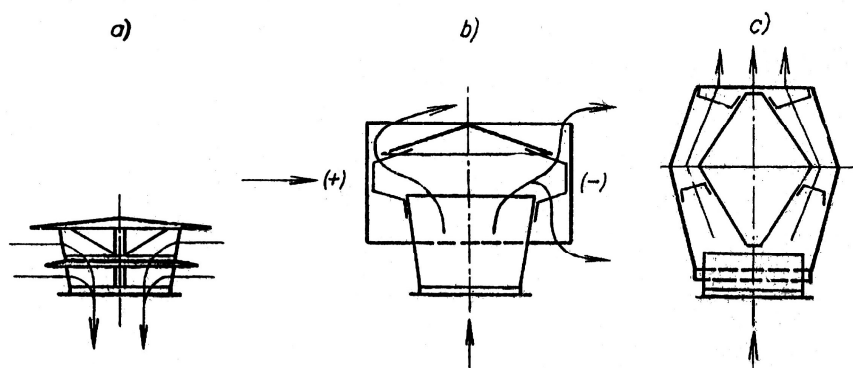
- c) prachotěsně pákové
- d) redukční vložka

Obr. 3.8 Šoupátka

## 1.4 Nasávací a výfukové zařízení a hlavice

Nasávání vzduchu z atmosféry se řeší v zásadě z terénu šachtou a přívodním kanálem nebo přímo z fasády. Otvory pro nasávání vzduchu jsou chráněny proti nasávání vody žaluziemi.

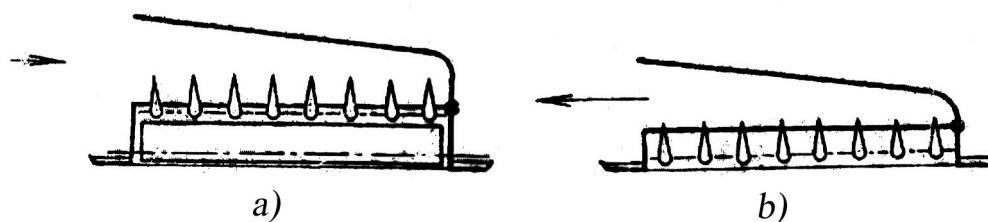
Nasávání na střechách budov se řeší různými typy stříšek, pro odvedení vzduchu střechou je řešeno hlavice (obr. 3.9).



Obr. 3.9 Střešní hlavice

### 4.3.1.5 Výústky a anemostaty

K distribuci vzduchu do místnosti, úpravě jeho množství a nasměrování toku slouží výústky různých typů a anemostaty. Nejjednodušší jsou výústky s regulačními klapkami, které natáčením listů kolem otočných čepů regulují množství vzduchu. Na obr. 3.10 jsou uvedeny regulační ústrojí výústek s protiběžnými a náběhovými listy a možnosti nastavení listů výústek pro různé varianty úhlů rozptylu.

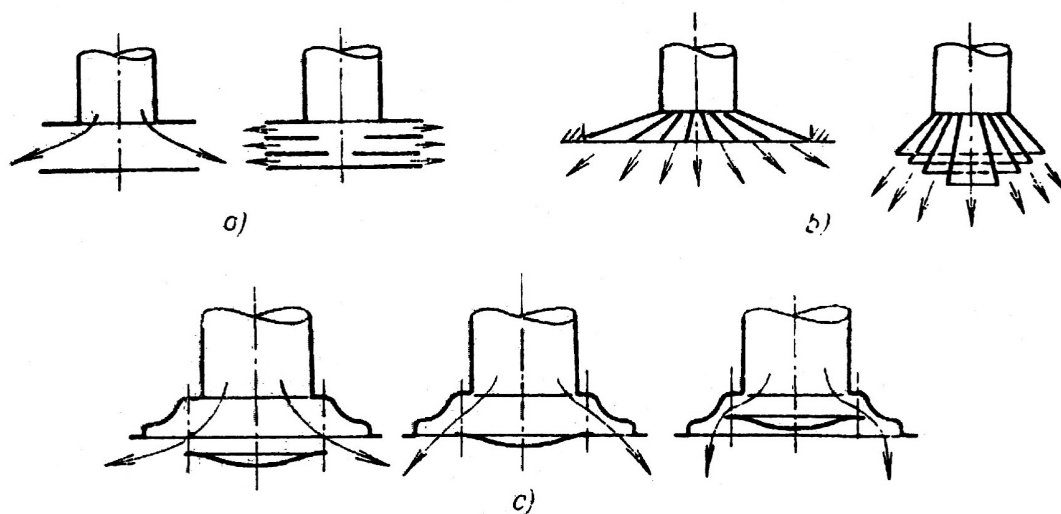


a) dvouřadé výústky

b) jednořadé výústky

Obr. 3.10 Výústky a jejich regulační ústrojí

Anemostaty jsou výstupy opatřené a) pevnými nebo stavitelnými deskami, b) růžicemi nebo c) talíři (obr. 3.11), u kterých je dosahováno jemnější regulace množství i směru proudění vzduchu. Výfukové štěrby lze realizovat i rohu potrubí nebo jako boční štěrby.



Obr. 3.11 Anemostaty

## 1.5 Filtry a odlučovače nečistot

U těchto elementů je nutno posoudit k jakému účelu budou sloužit. Jako základní rozdělení je možno uvažovat s rozdělením na filtrační elementy pro větrací systémy, kde na vstupu osazujeme filtry pro odlučování atmosférických nečistot a na filtrační elementy, které slouží k čištění odpadního vzduchu na výstupu znečištěného pevnými nebo chemickými látkami.

### Filtry pro větrací systémy

Prach se v přírodě vyskytuje v nejrůznější podobě. Lze ho chápat jako drobné částice (tuhé nebo kapalné) libovolného tvaru, struktury a hmotnosti. Směs prachu v atmosférickém vzduchu je složena z různých komponent s velikostí částic až 2000  $\mu\text{m}$ . V tab. 4 jsou uvedeny orientační rozměry částic jednotlivých charakteristických prachů.

Tab. 4 Rozměry částic charakteristických prachů

Základním kritériem pro rozdělení těchto filtrů pro větrací a klimatizační systémy je čistota prostředí za filtrem. Odlučivost, případně účinnost, jsou hodnoty, na jejichž základě jsou filtry vzduchu zařazeny do tříd filtrace dle různých norem platných v jednotlivých zemích. V tab. 5 je uvedeno rozdělení tříd filtrace dle ON 12 5005, DIN 24 184, DIN 24 185 a dle norem DIN 28 183 a EUROVENT.

**Odlučivost** se udává ve váhových procentech filtrem zadržených částic (vzorového syntetického prachu Ashrae).

**Účinnost** se stanovuje v % pomocí testu Ashrae, testuje se zbarvení na testovacích filtrech přirozeným aerosolem.

**Tlaková ztráta**  $\Delta p$  (Pa) je závislá na průtoku vzduchu filtrem. S nahromaděním prachu ve filtru stoupá. Doporučená konečná tlaková ztráta udává hodnotu tlaku, kdy má být filtr vyměněn.

**Doporučený průtok** (množství vzduchu)  $Q$  ( $\text{m}^3\text{h}^{-1}$ ) udává hodnotu průtoku pro zachování hospodárnosti provozu filtru.

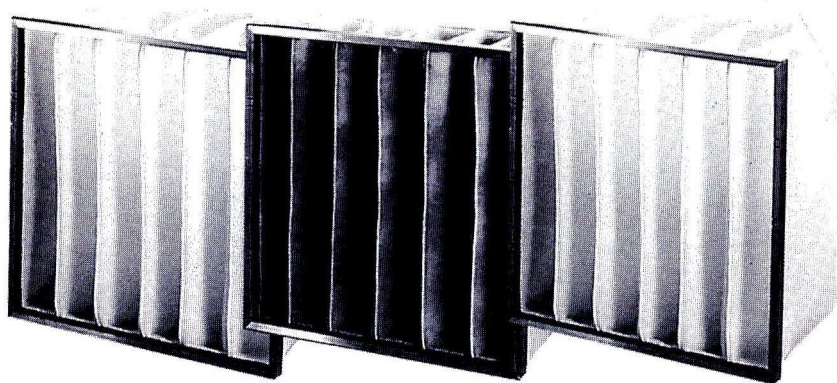


**Hromaditelnost prachu – jímavost prachu** hmotnosti  $m$  (g) udává, kolik prachu filtr pojme než dosáhne maximální tlakové ztráty.

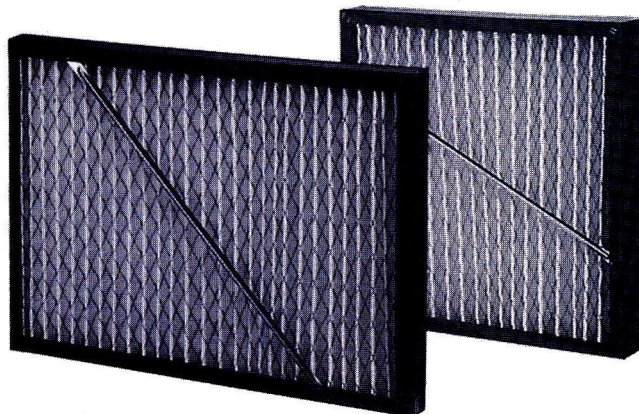
**Koncentrace prachu**  $K$  ( $\text{mg m}^{-3}$ ) má rozhodující význam pro životnost filtru.

K filtraci atmosférického vzduchu se používají vláknité (syntetická, skleněná vlákna nebo speciální papíry) materiály různých druhů. Filtrační materiály jsou podle provozních vlastností charakterizovány odlučivostí, tlakovou ztrátou a jímavostí. Částice prachu při průchodu vzduchu filtrem se odlučují vlivem setrvačnosti a difúze. Nejvíce jsou používány kapsové a vložkové filtry, které jsou vkládány do filtračních komor větracích a klimatizačních zařízení. Jejich koncová tlaková ztráta se uvažuje 300 Pa. Kapsové filtry (obr. 3.12) mají netkané textilie ze syntetických vláken uspořádané do filtračních kapes klínovitého tvaru, které jsou upevněny do čelního rámu z U-profilu. Vložkové filtry, nazývané také rámečkové filtry (obr.3.13) jsou vyrobeny ze skládaného filtračního média, které je na vstupní straně opatřeno zpevňovací mřížkou.

Tab.5 Rozdělení tříd filtrace podle norem



Obr. 3.12 Kapsový filtr



Obr. 3.13 Vložkový filtr a průběh jeho tlakové ztráty

## 1.6 Odlučovací zařízení pro odprašovací systémy

Z hlediska vývinu odpadu a škodlivin lze provozy, které zpracovávají dřevo, rozdělit do skupin podle druhu odpadu. Dělí se dřevěný kusový (hrubší), zrnitý a prachový, na plynný mající podobu par z rozpouštědel, lepidel, laků a barev, výpary při zpracování plastů a opracování dřevotřískových desek.

Významný podíl tvoří tuhé odpady. Tuhý odpad vznikající při zpracování dřevních materiálů je velice různorodý a závisí od technologie zpracování, technického stavu obráběcích nástrojů, výchozího stavu a druhu dřevního materiálu.

Hrubý odpad - štěpky ze sekaček, třísky z roztřískovačů, hobliny z frézovacích strojů

Středně hrubý odpad - piliny z rámových pil, kotoučových dělicích pil

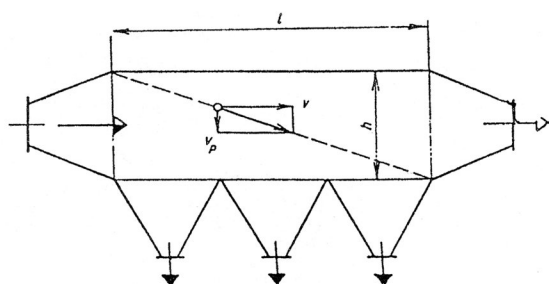
Jemný odpad - piliny z formátovacích pil (DTD,DVD), piliny stolářských kotoučových pil, třísky z povrchové vrstvy DTD

Velmi jemný odpad - prach z brusek

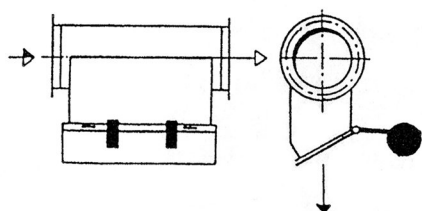
Pro výběr vhodného odlučovacího zařízení je jednoznačným kriteriem zákonná úprava emisních limitů škodlivin vypouštěných do ovzduší. Jedná se vyhlášku č. 117, částka 41 Sb.z 29.5.1997 Ministerstva životního prostředí, kterou se stanovují limity a další podmínky provozování stacionárních zdrojů znečišťování a ochrany ovzduší. Dle této zákonné úpravy je emisní limit pro tuhé znečišťující látky (TZL) stanoven na  $50 \text{ mg/m}^3$  při všech technologických operacích, mimo broušení. Při broušení ve výrobě dýh a překližek, ve výrobě desek a nábytku je tento limit stanoven na  $10 \text{ mg/m}^3$

Pro odlučování TZL se jako koncový odlučovací element používají vírové odlučovače (cyklony) a látkové filtry různé konstrukce. Pro odloučení těžkých částic se hlavně v sacích větvích odprašovacích systémů jako ochrana transportních ventilátorů používají gravitační odlučovače - tíhové komory. Všeobecné dělení odlučovačů je uvedeno v tabulce 6.

Na principu využití měrné hmotnosti k mechanickému odloučení hmotnějších hrubých kusů a odpadu pracují gravitační odlučovače. Do potrubí se zařazuje usazovací komora nebo lapač těžkých kusů (obr. 3.14) Oba odlučovače se vyznačují minimální tlakovou ztrátou.



Usazovací komora



Lapač těžkých kusů

Obr. 3.14 Gravitační odlučovače



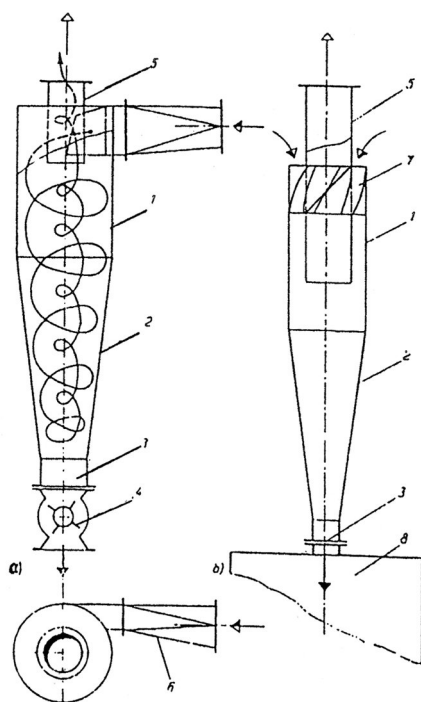
Druh odlučovače	Odlučovací efekt (síla)	Typ odlučovače	Rozdíl fyzikální veličiny prachu a plynu
Gravitační komory	Mechanické	Komora, lapač	Měrná hmotnost
Setrvačné odlučovače suché	Mechanické	Cyklón	Měrná hmotnost
Rotační odlučovače suché	Mechanické	Rotační ventilátorové	Měrná hmotnost
Látkové filtry	Mechanické (rozměry částic, síťový efekt)	Hadicové filtry	Velikost částic, velikost otvoru
	Elektrostatické	Ploché filtry	
	Mechanické (rozměry částic, síťový efekt)	Klínové, kapsové	
Náplňové filtry suché	Mechanické, difúze, adheze	Filtr s pískovou vrstvou	Měrná hmotnost, adhezní síly
Elektrostatické odlučovače suché	Elektrostatické, adhezní, mechanické	Elektrofiltr horizontální	Měrná hmotnost, permittivita

Tab. 6 Rozdělení odlučovačů podle principu odlučování a podle konstrukce

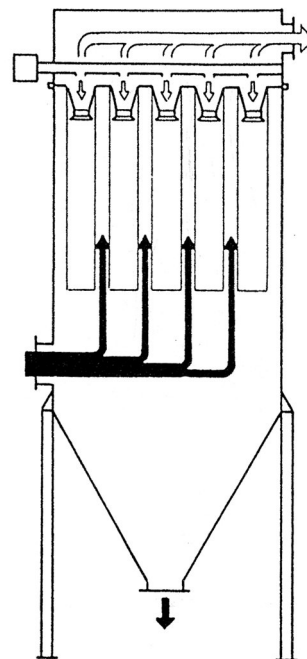
### Vírové odlučovače - cyklony

Mezi nejjednodušší a odlučovače třísek patří vírové odlučovače, pracujících na principu suchých setrvačných odlučovačů, nazývaných běžně cyklony. Podle směru vstupu vzdušiny s odpadem se rozeznávají vírové články s tangenciálním (obr. 3.15 a) nebo osovým vstupem (obr. 3.15 b). Vzduch proudí vstupem a rotuje ve válcové části (1) odlučovače. Třísky a prachové částice jsou přitlačovány odstředivou silou na stěnu nádoby, přitom se zvyšuje množství třísek v proudu vzduchu u stěny a jejich tření o stěnu. Toto tření působí jako odporová síla proti kinetické energii a proud vzduchu pomalu klesá vlivem gravitační síly. Rotace vytvoří vír a zároveň tah v prostoru kolem osy cyklonu v němž se pohybuje sloupec vzduchu vzhůru rychlostí až  $2 \text{ m.s}^{-1}$ . V kuželovité části (2) klesá rychlost proudění téměř na  $0 \text{ m.s}^{-1}$  a dochází tím k oddělování třísek. Touto separací se oddělí 80 až 99% (dle zrnitosti) odpadu v prostoru (3). V případě podtlakového napojení cyklonu na odprašovací systém je třeba pod výmetný otvor cyklonu zařadit rotační uzávěr (4), který tlakově odděluje podtlakový systém od atmosférického tlaku.

Předností vírových odlučovačů je jejich jednoduchost a minimální náročnost na obsluhu a údržbu. Nevýhodou je nízká odlučivost. Pro použití v dřevařském průmyslu je možno vírové odlučovače instalovat pouze na hrubý a středně hrubý odpad. Znamená to jejich využití pouze v pilařské výrobě pro odlučování mokrých pilin z rámových a dělicích pil a štěpků. Tlaková ztráta se obvykle pohybuje mezi 300 – 800 Pa.



Obr. 3.15 Cyklonové odlučovače



Obr. 3.16 Hadicový filtr

### Látkové filtry

Mezi progresivní a vysoceúčinné způsoby čištění vzduchu od TZL patří látkové filtry. Princip funkce filtru je poměrně jednoduchý. Znečištěný vzduch vstupuje do tělesa filtru, kde se ztrátou rychlosti odloučí hrubší částice odpadu. Dále proudí vzduch s prachem přes filtrační látku do tzv. čistého prostoru filtru. Při průchodu filtrační látkou se síťovým efektem spolu s působením dalších sil zachytí částice prachu na této látce a vyčištěný vzduch vystupuje ven.

Látkové (tkaninové) filtry pro průmyslovou filtraci lze rozdělit z několika hledisek do skupin.

#### A) Podle uspořádání filtrační látky

- |              |  |                       |
|--------------|--|-----------------------|
| 1) Hadicové  | a) filtrace z hadice                   | b) filtrace do hadice |
| 2) Patronové |  |                       |
| 3) Ploché:   | a) klínové                             |                       |
|              | b) obdélníkové (s drátěnou konstrukcí) |                       |

#### B) Podle způsobu regenerace látky

- 1) Zpětným profukem
- 2) Mechanickým oklepem
- 3) Vibrace
- 4) Pulsním účinkem tlakového vzduchu
- 5) Kolapsem hadic po ztrátě přetlaku
- 6) Kombinace některých způsobů

#### C) Podle zařazení do potrubí

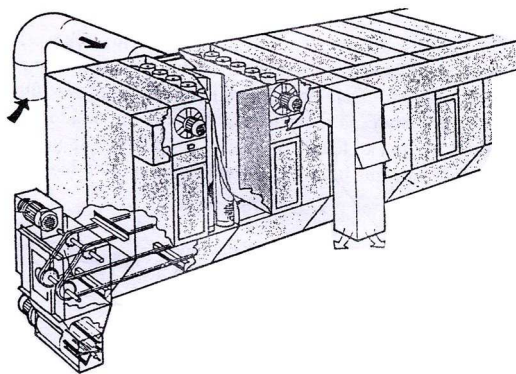
- 1) Podtlakové
- 2) Přetlakové

Některé konstrukce filtru umožňují zařazení jen do podtlaku nebo jen do přetlaku. Na obr. 3.16 je uvedeno schéma principu funkce hadicového filtru s čištěním hadic pulzy stlačeného vzduchu. Znečištěná vzdušina vstupuje do filtru a proudí vně

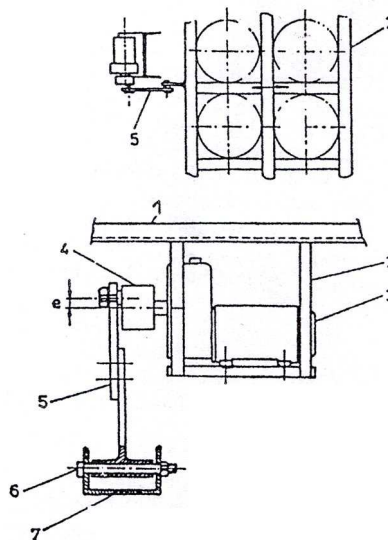
hadic, na jejichž vnější straně se zachycují vzduchem unášené tuhé částice. Vzdušina postupuje směrem dovnitř hadice, odkud vystupuje již vyčištěný plyn na čisté straně filtračního zařízení. Filtrační hadice jsou navlečeny na ocelových výztuhách, uchyceny v základní desce filtračního zařízení a opatřeny difuzéry. Čištění filtračních hadic se provádí krátkými pulzy stlačeného vzduchu přiváděného tryskami do difuzérů ve filtračních hadicích. Pulz stlačeného vzduchu vyvolá v čištěné filtrační hadici tlakovou vlnu a ulpělý prach na hadici je odfouknut do výsypky. Čištění je možno provádět za provozu filtru, nebo při odstavení některých filtračních sekcí. Impulzem pro čištění je dle různých výrobců buď kontinuálně snímaná a vyhodnocovaná tlaková ztráta na filtračních hadicích, nebo volba (dle provozních zkušeností) pevně stanoveného časového režimu.

Na obr. 3.17 je schematicky znázorněn hadicový filtr s čištěním hadic proudem čistého vzduchu (zpětným profukem) nasávaného axiálními ventilátory ze sběrného kanálu vyčištěného vzduchu.

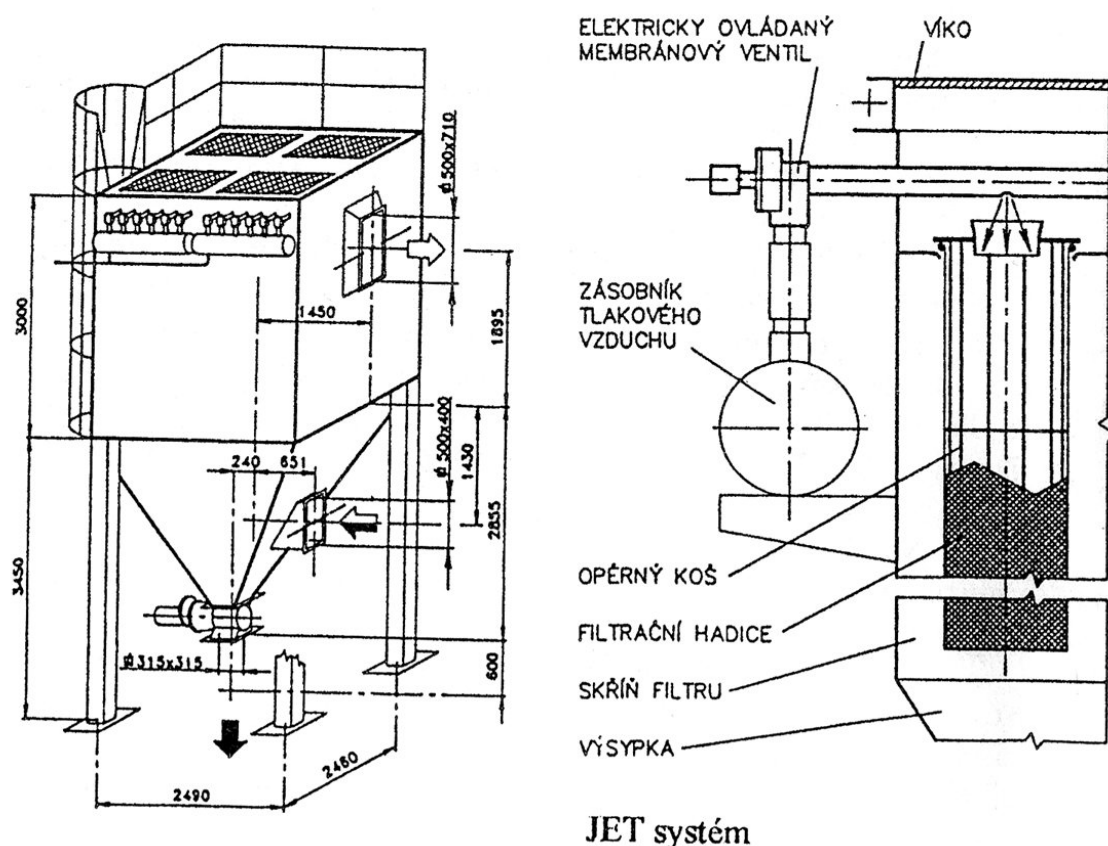
Na obr. 3.18 jsou ukázky možných způsobů oklepávání (regeneraci) filtračních hadic. Mechanické způsoby - vodorovným a svislým kmitáním s excentrem jsou již technicky zastaralé. Při tomto způsobu dochází k enormnímu mechanickému namáhání hadic což vede k jejich snížené životnosti. Při mechanickém oklepávání musí být filtr vyřazen z činnosti.



Obr.3.17 Hadicový filtr s čištěním zpětným proplachem



Obr.3.18 Způsoby regenerace hadic



### JET systém

Obr. 3.19 Typické provedení hadicového filtru s čištěním hadic pulzy stlačeného vzduchu

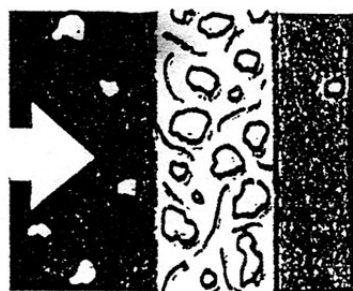
Patronový filtr pracuje na principu povrchové filtrace, na rozdíl od hadicových a plochých (kapsových) filtrů, kde dochází k hloubkové filtraci, se kterou je spojeno hloubkové zanášení filtračního materiálu a tím i částečná propustnost prachu (obr. 3.20). Patronová filtrační zařízení využívají pro filtraci tzv. filtrační koláč, t.j. stabilní vrstvu prachu ulpělou na vstupní straně patrony.

Princip vedení vzdušiny je obdobný jako u hadicových filtrů. Na vstupu do filtru je umístěna dělicí stěna, která ve filtru odděluje vstupní prostor s hrubou separací od prostoru s filtračními patronami. Těžší částice po nárazu na dělicí stěnu padají do výsypky. Jemná frakce vstupuje se vzduchem do prostoru s filtračními patronami, kde se prach zachytí na jejich vnějším povrchu. Filtrační patrony jsou čištěny automaticky za plného zatížení filtru tlakovým vzduchem. Pro čištění je možno volit buď JET systém (obr. 3.22) - stejný jako u hadicových filtrů, nebo systém s rotačními dýzami. Systém čištění je řízen procesorem v závislosti na jejich zanešení.

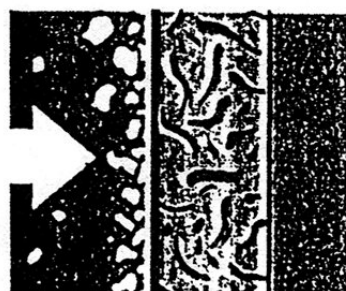
Filtrační patrona je tvořena skládanou filtrační plochou, která je vsazena do dolního a horního víka a z vnitřní strany je vyztužena nosným košem z tahokovu (obr. 3.21). Skládaná filtrační plocha umožňuje zvětšit velikost filtrační plochy bez dalších nároků na obestavěný prostor. Ve srovnání s obvyklými kapsovými nebo hadicovými filtry se při použití patron dosahuje úspora obestavěného prostoru cca 40%. Filtrační materiál je možno volit s ohledem na teplotu čištěné vzdušiny a granulome-

trické složení prachu od polyesterové až po tkaniny s membránovou filtrací s povrchovou teflonovou vrstvou.

Patronové filtry umožňují i suchou sorpci chemických škodlivin, kdy filtrační koláč na povrchu patron je tvořen vhodným sorbentem. Pracují s tlakovým spádem 1 000 - 2 000Pa.

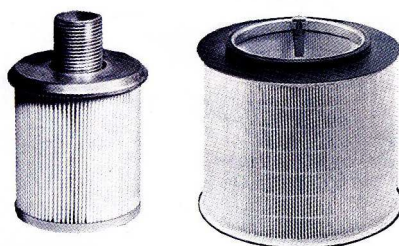


Při hloubkové filtraci prochází škodliviny do filtračního materiálu a usazují se v něm. Odčišťování je ztiženo.

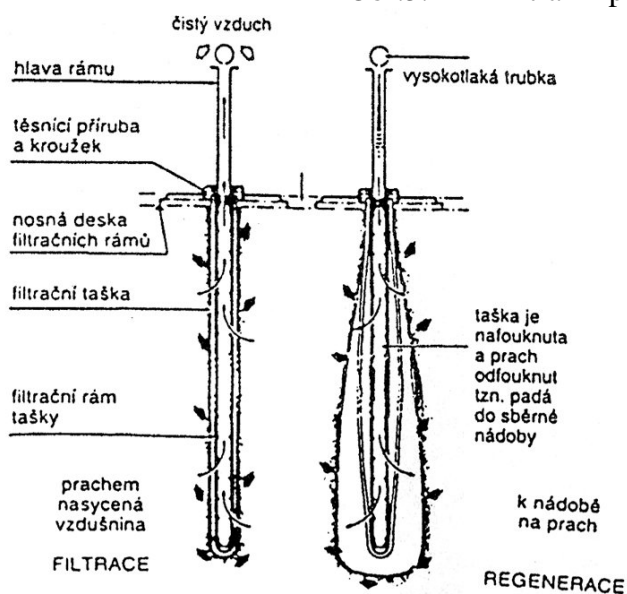


Při povrchové filtraci jsou škodliviny odlučovány na povrchu filtračního média. Tím je usnadněno odčišťování.

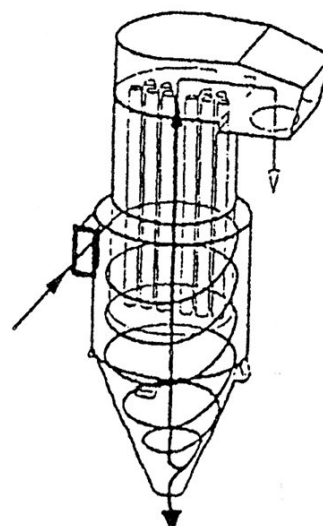
Obr.3.20 Hloubková a povrchová filtrace



Obr.3.21 Filtrační patrona



Obr. 3.22 Regenerace filtračních tašek



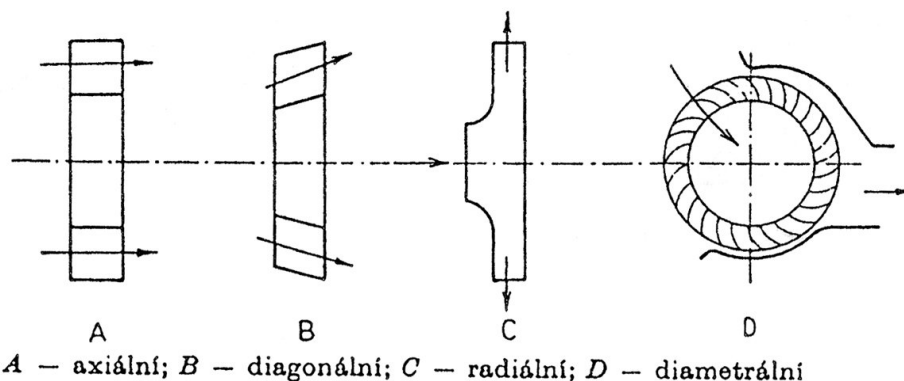
Obr. 3.23 Princip funkce cyklofiltru

Systém kapsových filtrů (obr. 3.22) je obdobný jako u hadicových. Vzdušina s odpadem proudí přes tzv. filtrační kapsy (tašky), na kterých je prашný odpad zachycován. Filtrační tašky jsou regenerovány pulzy stlačeného vzduchu.

Cyklofiltr (obr. 3.23) je uspořádan jako kombinace cyklonu a skřínového filtru. První odloučení se provede v cyklonu a filtruje se vzduch vycházející z výdechu. V hadicích se usadí zbývajících 1 - 5% prachu. Po vytvoření prachové vrstvy na hadicích je tato oklepána z hadic do výpadu z filtru. Vynášecím zařízením je rotační uzávěr. Regenerace se provádí jednou až dvakrát za osm hodin. Tlaková ztráta cyklofiltru činí 500 - 800 Pa.

## 1.7 Ventilátory

Zdrojem tlaku a průtočného množství vzdušiny je většinou ventilátor, při pneumatické dopravě dmychadlo. Ventilátor je rotační stroj, který slouží k vyvození tlaku vzdušiny. Tlakový rozdíl vyvozený ventilátorem se mění na její kinetickou energii. Každý ventilátor má oběžné kolo a skříň, ve které proudí vzduch. Pro rozdělení ventilátorů je základním hlediskem směr proudění vzdušiny ve skříni. Ventilátory se pak dělí na axiální (směr proudění je rovnoběžný s osou kola ventilátoru), diagonální (směr proudění je různoběžný s osou), radiální (směr proudění je kolmý na osu kola ventilátoru) a diametrální (vstup i výstup je kolmý na osu ventilátoru). Schéma proudění je uvedeno na obr. 3.24.



Obr. 3.24 Směr průtoku vzdušiny ventilátory

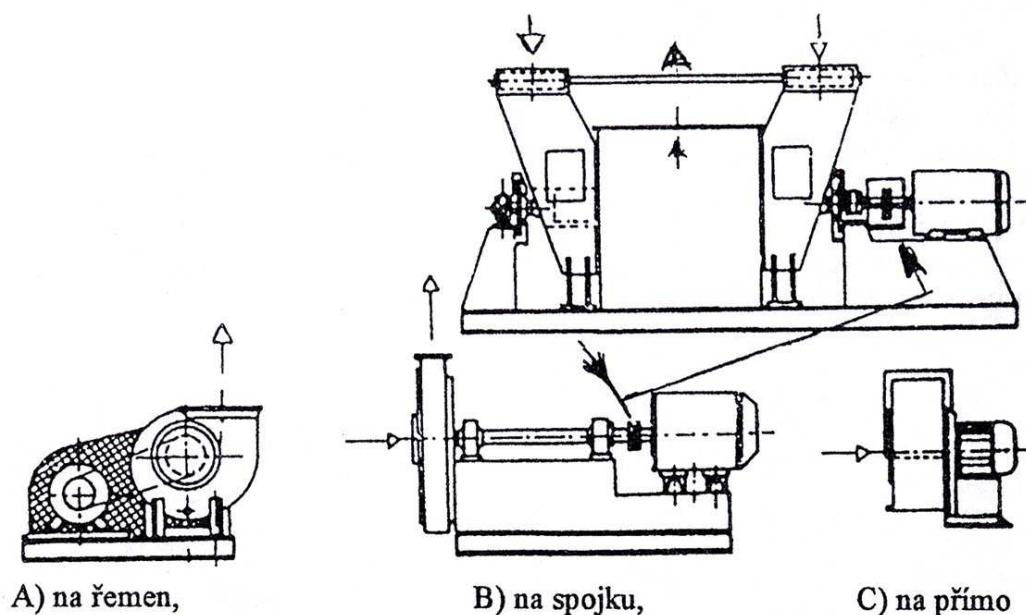
Nejrozšířenější jsou ventilátory radiální, které mohou mít sání z jedné strany skříně (jednostranně sací) nebo z obou stran (oboustranně sací). Podle toho, zda se celkový tlak získá v jednom nebo více stupních, rozlišují se ventilátory jednostupňové a vícestupňové. Pohon ventilátoru je většinou elektromotorem, může být i vzduchový nebo kapalinový motor. Speciální typy dopravních ventilátorů mají otevřené kolo, ostatní kola jsou uzavřená.

Dalším hlediskem pro rozdělení je celkový tlak ventilátoru, který je schopen vyvodit. Rozeznávají se ventilátory

nízkotlaké	$p_c \leq 1\,000\text{ Pa}$
středotlaké	$p_c = 1\,000\text{ Pa až }3\,500\text{ Pa}$
vysokotlaké	$p_c \geq 3\,500\text{ Pa}$

Uspořádání pohonu elektromotorem je uvedeno na obr. 3.25.

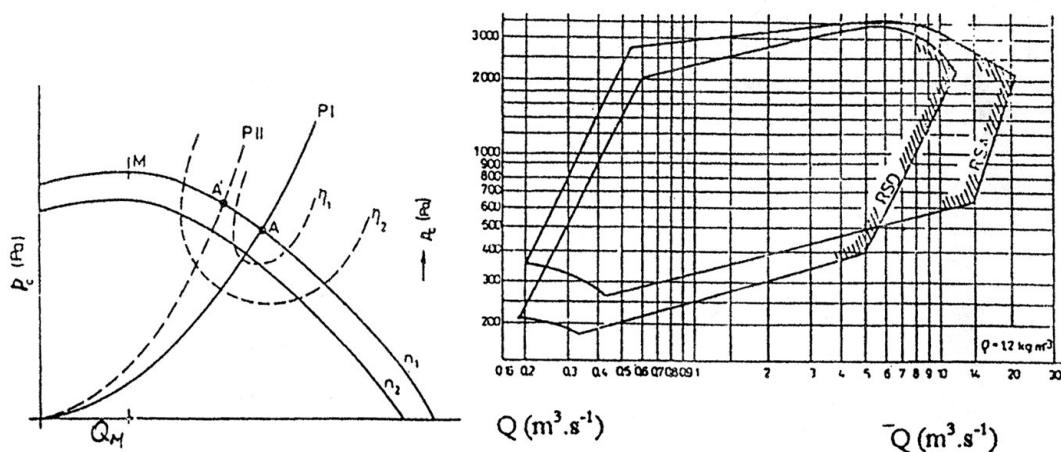




Obr. 3.25 Konstrukční provedení pohonu ventilátoru

Charakteristika ventilátoru udává závislost průtočného množství vzduchu ventilátorem  $Q$  na celkovém tlaku  $p_c$ . Ventilátor je měkký zdroj, což znamená, že se změnou odporu potrubní sítě se mění značným způsobem průtok. Na obr. 3.26 je typická charakteristika, ze které plyne, že vrchol  $M$  ji dělí na část nestabilní (vlevo) a stabilní (vpravo). Ventilátor musí být seřízen tak, aby jeho pracovní bod byl vpravo.

Pracovní rozsah ventilátoru je možno posoudit dle charakteristiky pracovního pole konkrétního ventilátoru, na obr. 3.27 je uveden příklad pracovních polí včetně výkonové charakteristiky ventilátorů typu RVK 1600 až 2500.



Obr. 3.26 Charakteristika  $p_c - Q$  ventilátoru    Obr. 3.27 Pracovní pole ventilátoru

K odsávání menších množství třísek a prachu slouží mobilní jednotkové odsávací pilin a prachu nejrůznějších typů. Mají vlastní elektromotor a ventilátor, odpadní vaky na piliny vyrobené z PVC nebo textilní a vlastní filtry rukávového nebo vakového provedení obvykle polyesterové s antistatickou úpravou (obráz. 3.28).





Obr. 3.30 Odsávač pilin a prachu

## 2 Výpočty prašné vzduchotechniky

Zařízení prašné vzduchotechniky slouží k odtahu odpadu od strojů. Sestává obvykle z vlastního odsávacího zařízení, čímž rozumíme sací kryt, přípojku na potrubí, potrubí a ventilátor, a z odlučovacího zařízení, které odloučí nosný vzduch od odsávaného materiálu.

Charakteristická je provozní nákladnost zařízení související se značným elektrickým příkonem, ztrátou tepla danou odtahem teplého vzduchu a vzniku podtlaku v odsávaných místnostech. Při odsávání dřevěného odpadu od obráběcích strojů je dosahováno koncentrací odpadu v nosném vzduchu řádově v gramech na 1 kg vzduchu na rozdíl od pneumatické dopravy, kde jsou dosahovány vysoké směšovací poměry, až kg odpadu na 1 kg vzduchu. Požadavky na provoz se dají shrnout do několika bodů.

1. Odsávání musí být vyřešeno tak, aby se odpad u stroje či nástroje nehromadil.
2. Tvary odsávacích zákrytů musí zabezpečit jejich vysokou hygienickou účinnost.
3. Musí se uvažovat s explozivností dřevěného prachu při návrhu elektrické instalace a provedení odlučovacích elementů.
4. Odlučovače musí splňovat podmínky hygienických norem na úlet prachu.
5. Musí být zabezpečena náhrada odsávaného vzduchu do prostoru ze kterého se odsává.(v zimním období ohřívaného).
6. Hlučnost v okolí instalovaného ventilátoru musí odpovídat platným hygienickým předpisům.

Pro výpočet odsávání jsou rozhodující výpočty uvažující o odsávání jako dopravě čisté vzdušiny, které vedou k dimenzování potrubí a ke stanovení potřebného průtoku vzdušiny. Současně se provádí i výpočet tlakové ztráty odsávací sítě za navržení vhodného ventilátoru a stanovení jeho elektrického příkonu. Tlakové ztráty vyčíslené na průtok čistého vzduchu se zvětší o cca 10%, čímž se kompenzuje vliv dopravy materiálu.

## **2.1 Systémy odprašovacích zařízení**

Jako systém je možno označit způsob řazení použitých elementů, tok materiálu a vzduchu.

### **Centrální odsávání**

U tohoto systému jsou všechny stroje napojeny potrubní sítí na jeden ventilátor. Tok materiálu i vzduchu je společný a je centralizován z celého odsávaného objemu na jedno místo. Systém se vyznačuje rozvětvenou potrubní sítí umístěnou pod stropem (horní rozvod) nebo v kanálech v podlaze (spodní rozvod). Je-li centrální odsávání správně navrženo, funguje obvykle spolehlivě. Do systému však nelze bez následků připojovat nové stroje nebo jakkoli je přemísťovat. Výhodou centrálního odsávání je jeho pohotovost (náběh pouze jednoho ventilátoru) a malá náročnost na údržbu.

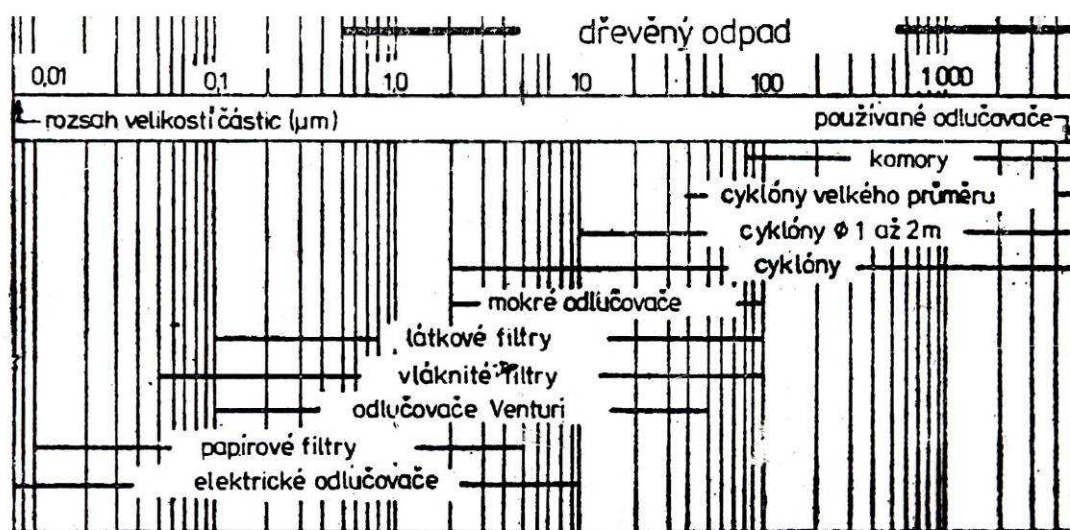
- Nevýhody - celé odsávání závisí pouze na jednom ventilátoru,
- trvalé odsávání od všech strojů i v případě že nejsou v provozu.

### **Skupinové odsávání**

U skupinového systému jde v podstatě o rozdělení centrálního systému do několika linek se samostatnými ventilátory. Odlučovací zařízení zařazené obvykle za ventilátory může být společné pro všechny linky. Hlavní výhodou skupinového odsávání oproti centrálnímu je v tom, že objemově může pokrýt větší odsávané celky a při tom má i jisté výkonové rezervy, umožňující napojení nového stroje, nebo přestavbu technologické linky.

### **Jednotkové odsávání**

Hlavní uplatnění tohoto systému je při instalaci velkých strojů, které nelze připojit na stávající potrubní síť, protože by mohly snížit odsávací výkon ostatních připojených strojů. S velkou výhodou se systému využívá například při dodatečné instalaci brusky do komplexu centrálního odsávání, který je vybaven odlučovacím zařízením pro odlučování hrubého odpadu - cyklonem. Připojením brusky do tohoto systému by znamenalo enormí úlet prachové frakce z cyklonu do ovzduší. Nevýhodou tohoto systému je další nutnost manipulace s odloučeným odpadem, která se řeší dalším pneumatickým transportem, nebo pytlváním odpadu a jeho odvozem.



Obr.5.1 Velikost tuhých částic a rozsahy použití odlučovačů

## 2.2 Granulometrické složení prachu

Granulometrické složení prachu udává četnost (početní nebo hmotnostní) zastoupení jednotlivých velikostí částic v celém vzorku. Graficky se vyjadřuje distribuční křivkou nebo křivkou zbytku či propadu. Křivka propadu je integrální (součtovou) křivkou distribuční křivky. Pro posouzení chování prachu z různých hledisek (schopnost odloučení ve filtrech, schopnost usazování, schopnost exploze a jeho zdravotního působení) je potřebné znát jeho granulometrické složení. Možnosti odsávání dřevěných odpadů jsou patrné z obr. 5.1. Granulometrický rozbor vzorku prachu se provádí

- 1) metodami založenými na pádové rychlosti (na letových vlastnostech částic), které jsou vhodné v odlučovačích využívajících setrvačnosti (cyklony),
- 2) metodami záležejících na skutečné velikosti částic (papírové, látkové a membránové filtry).

Do první skupiny patří

- a) Vyfukování na přístroji podle Gonella.

Vzorek je z misky vyfukován do svislého potrubí skokově se zvyšující rychlostí při zvážení úbytku vzorku. Tím se vypočítá zastoupení různých velikostí částic.

- b) Analýza na přístroji BAHCO,

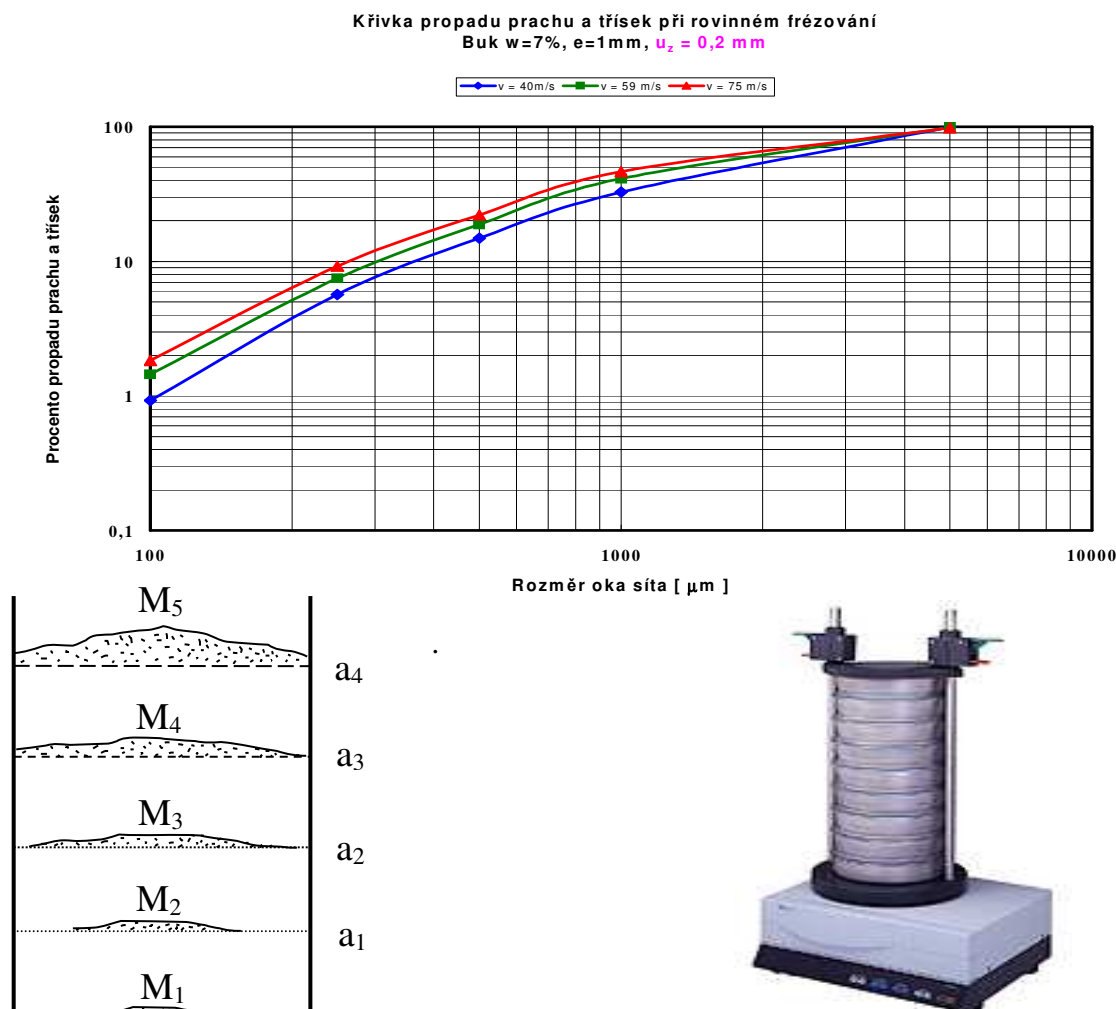
která spočívá v profukování vzorku a jeho odstředívání v rotačním kole.

Do druhé skupiny patří.

- a) Mikroskopická metoda,

která spočívá v počítání pozorovaných nebo fotografovaných částic o určité třídě velikosti.

b) Sítování, kdy se vzorek postupně prosívá řadou sít se zmenšujícími se oky. Menší částic sítím propadnou (propad) nebo zůstanou na sítě (zbytek). Granulometrické složení (obr. 5.2) se udává tabelárně, křivkou zbytku či rozsevu (distribuční křivka), nebo křivkou propadu třísek.



Obr. 5.2 Křivka propadu, princip sítování a prosévací přístroj Retsch AS 200

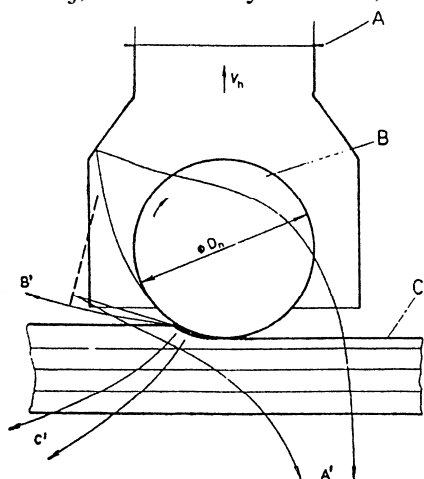
### 2.3 Sací zákryty

Při strojním opracování dřevěných materiálů z důvodu velkých řezných rychlostí a značného počtu řezných ploch vzniká množství odpadů. Zhoršuje se možnost manipulace na pracovišti a kvalita obrábění, značná kinetická energie odpadových částic může vést k poranění obsluhy. Jemné frakce odpadu zhoršují hygienické podmínky na pracovišti, zvyšuje se nebezpečí požárů, hrozí i nebezpečí výbuchu prachu. Proto se odpad odstraňuje průběžně odsáváním na určená místa. V současné době stále platí ČSN 12 7040 - Odsávání od strojů odsávacím zařízením, jehož významnou součástí je popis sacích zákrytů. Norma stanoví, že výrobce každého stroje (zařízení), které je zdrojem škodliviny odstranitelnou odsáváním, je povinen stroj vybavit sacím zákrytem s normalizovaným připojovacím hrdlem, uvést potřebný průtok vzduchu, jeho hmotnost a vlastnosti odsávaných škodlivin. K hodnotám požadovaným normou

by bylo správné uvést ještě součinitele vřazeného místního odporu sacího zákrytu  $\xi_z$  nebo podtlak v přípojovací přírubě. Součinitele místního odporu sacího zákrytu  $\xi_z$  je třeba vztahovat vždy k průřezu sacího hrdla zákrytu.

Sací zákryty jsou navrhovány tak, že většinou symetricky obklopují po převážné části obvodu obráběcí nástroj. Zákryt v jednom místě přechází v sací hrdlo, na které se napojuje přípojka sacího potrubí. Průměr sacího hrdla je dán způsobem obrábění, řeznými podmínkami, druhem obráběného dřeva a některými dalšími faktory. Při frézování se uplatňují zákryty symetrické, při řezání a broušení nesymetrické. Na obr. 5.3 je znázorněn symetrický zákryt, obecně vhodný při používání reverzního chodu nástroje, ale který má nižší hygienickou účinnost. Základní funkce spočívá v tom, že při obrábění vznikající částice odletují po tečně do prostoru sacího krytu. Tam jsou strhávány podtlakem vyvozeným odsávacím vzduchem do sacího hrdla a dále do potrubí.

Účinek proudového pole je však zejména na velké částice minimální, vyskytují se i nežádoucí jevy. Třísky se odrážejí od nevhodně uspořádané stěny ven do okolí krytu (trajektorie A'), mezerou mezi přední stěnou a materiálem unikne další množství částic odpadu (trajektorie B') a třísky odštěpující se z horních hran materiálu obvykle směrem ven ze zákrytu vzhledem ke své hmotnosti a tím i velké kinetické energii nejsou zákrytem z větší části zachyceny (trajektorie A - sací hrdlo, B - obráběcí nástroj, C - obráběný materiál,  $D_n$  - průměr nástroje).



Obr. 5.3 Schématické znázornění funkce zákrytu

Při konstrukci zákrytu se musí rovněž omezit existence míst, ve kterých vzniká vířivé proudění, protože toto vratné proudění snižuje odsávání odpadu. K odstranění některých negativ se umísťuje na přední stěně pryžový pásek, řetízky či jiné přitlačné elementy, které omezují výmet materiálu vně sacího krytu. Na obr. 5.4 jsou ukázány sací zákryty pro odsávání třísek z dopravníku a odpadu při frézování a broušení, na obr. 5.5 provedení otevřeného sacího zákrytu.

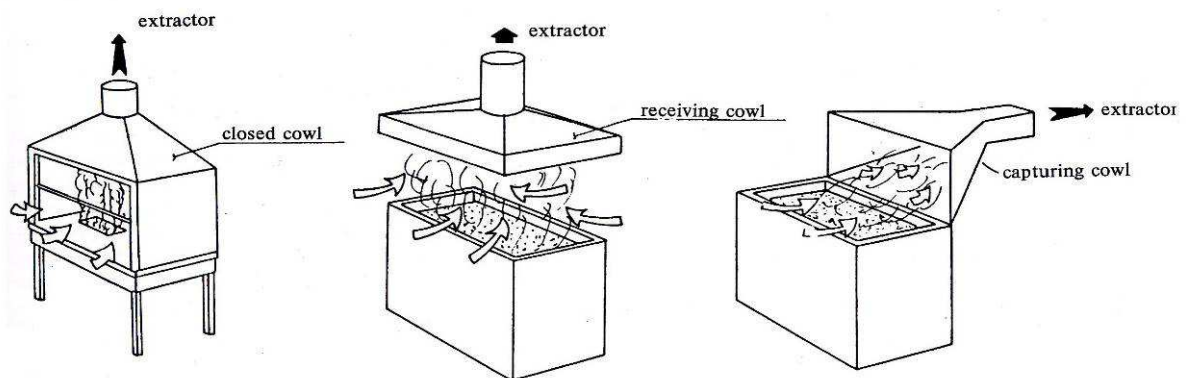


Figure 2  
Classification of aspirating cowls

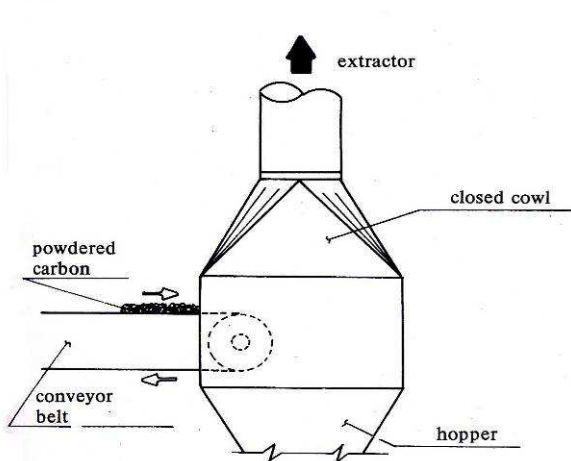


Figure 3  
Application example of a closed cowl

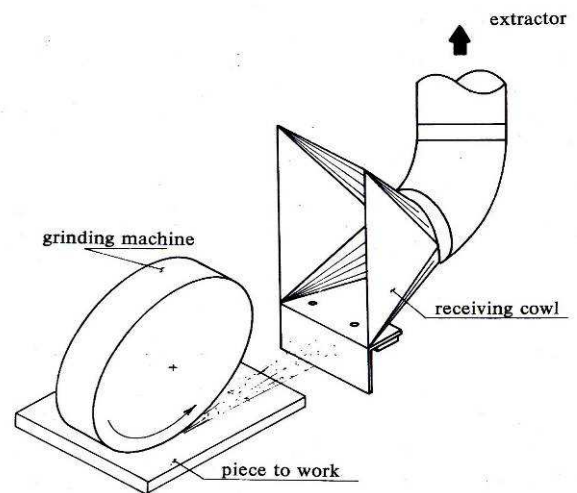
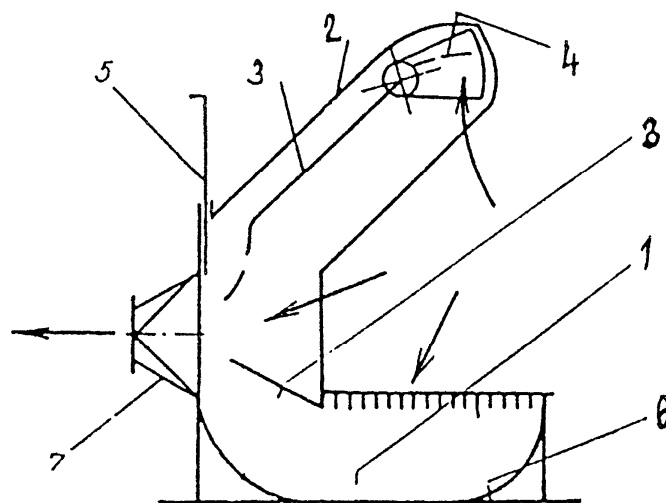


Figure 4  
Application example of a receiving cowl

Obr. 5.4 Sací zákryty



1 - spodní, 2 - horní část zákrytu, 3 - vodící plechy, 4 - otočný segment, 5- šoupátko, 6- sací rošt, 7- sací hrdlo

Obr. 5.5 Otevřený sací zákryt

Tlaková ztráta sacích zákrytů

Tlaková ztráta je dána řadou vlivů z nichž se uvádí zejména množství odváděného vzduchu, geometrický tvar zákrytu, pohyb částic odpadu a otáčky nástroje. Podle rychlosti, směru a množství částic může tlaková ztráta vzrůstat nebo klesat. V extrémních podmínkách může dosáhnout směšovací poměr hodnoty

$\mu = 0,25$ , přesto nemá na hodnotu tlakové ztráty podstatný vliv. Pak platí vzorec

$$\Delta p_z = \xi_z \cdot \frac{v_h^2}{2} \cdot \rho_v \quad (5.1)$$

$\xi_z$  - součinitel vřazeného odporu zákrytu

$v_h$  - rychlost vzduchu v sacím hrdle zákrytu

$\rho_v$  - měrná hmotnost vzduchu.

Součinitel vřazeného odporu představuje souhrn všech dílčích součinitelů vřazených odporů v sacím zákrytu a platí pro něj vztahy udávané v literatuře (2).

### 2.3 Odlučovací elementy

Volbě odlučovacího elementu je třeba věnovat velkou pozornost. V kapitole 3 byly uvedeny některé koncové odlučovací elementy, které se používají v dřevařském průmyslu. Obvykle stojíme před volbou, vírový odlučovač nebo filtr.

Vírový odlučovač doporučujeme k použití pouze pro velmi hrubé a hrubé vlhké odpady. V ostatních případech je jednoznačné řešení - filtr. Špičková odlučivost, která dosahuje až několik desetin miligramu prachu na  $m^3$  vyčištěného vzduchu totiž umožňuje vracet vyčištěnou vzdušinu zpět do výrobní haly, čímž je v zimním období dosahováno velkých úspor na tepelné energii.

Úspora tepelné energie, která vzniká vrácením vyčištěného vzduchu do pracovních prostor je dána vztahem:

$$Q = V \cdot c \cdot \rho \cdot (t_v - t_z) \cdot r \cdot z \cdot 10^{-6} \quad (5.2)$$

$V$  množství vráceného vzduchu  $m^3$ /hod

$c$  měrné teplo vzduchu

$\rho$  hustota vzduchu

$t_v$  průměrná vnitřní teplota

$t_z$  průměrná venkovní teplota

$r$  počet provozních hodin za den

$z$  počet topných dní v roce

Dosadíme-li do uvedeného vztahu např.  $15.000 m^3$ /hod jako množství odsávaného vzduchu, což je malá dřevoobráběcí dílna, při 2 směnném provozu nám vyjde úspora 880 GJ. Při ceně 1 GJ cca 250 Kč což je současná cena nám vyjde úspora 220 000Kč.



Z uvedeného je patrné, že investice do filtračního zařízení v ceně cca 400000 Kč má návratnost necelé dva roky.

Na obr. 5.6 je uvedeno klasické schema odsávání s řešením návratu odsávaného vyčištěného vzduchu zpět do výrobního prostoru.

## 2.4 Výpočet tlakové ztráty odsávacího potrubí kruhového průřezu

Výpočet tlakové ztráty odsávacího potrubí představuje výpočet odporu proudění v hlavní větvi potrubí dle vzorce (4.16) a řídí se obdobnými zásadami jako výpočet větrání. Používají se vzorce (4.8) až (4.14).

Postup výpočtu

- 1) Určení odprašovací trasy
- 2) Volba vhodných odsávacích rychlostí v počátečních úsecích sítě
- 3) Rozdělení sítě na výpočtové úseky a jejich očíslování
- 4) Dimenzování průřezů jednotlivých úseků za současného výpočtu tlakových ztrát
- 5) Porovnání tlaku na odbočkách a jejich tlakové vyrovnání

Určení hlavní trasy, jejího celkového tlakového spádu a návrh ventilátoru

ad 1) Trasa vzduchovodu je dána stavební dispozicí a rozmístěním odsávaných strojů. Potrubí je třeba navrhnout tak, aby nebylo zbytečně dlouhé a aby nebylo použito nadměrného množství tvarových kusů. Rovněž tak systém připojování stojů na „páteř“ vzduchovodu musí být volen tak, aby byla výsledná tlaková ztráta sítě co nejmenší a nebylo nutno enormně škrtnout úseky sítě v blízkosti napojení na ventilátor.

ad 2) Volbě odsávacích rychlostí je třeba věnovat zvýšenou pozornost. Při instalaci nových strojů je tento údaj prezentován výrobcem zařízení. V případě napojování starších strojů od kterých nejsou tyto údaje známy platí zásada, že pro hrubší materiál je třeba vyšší rychlost, pro jemný až prachový odpad postačuje rychlost nižší. Rozsah rychlostí je 18-30 m/s.

ad 3) Rozdělení sítě na výpočtové úseky a jejich očíslování. Za jeden úsek se považuje část potrubí s konstantní rychlostí. Rozhraní úseků tvoří odbočky. Číslování úseků je vhodné provést ve směru proudění vzduchu.

ad 4) Dimenzování úseků se provede obdobně jako u dimezování sítě pro větrání.

ad 5) Při vstupu dvou úseků do odbočky se porovná jejich tlaková ztráta a úsek z nižší tlakovou ztrátou se seškrtní redukční vložkou.

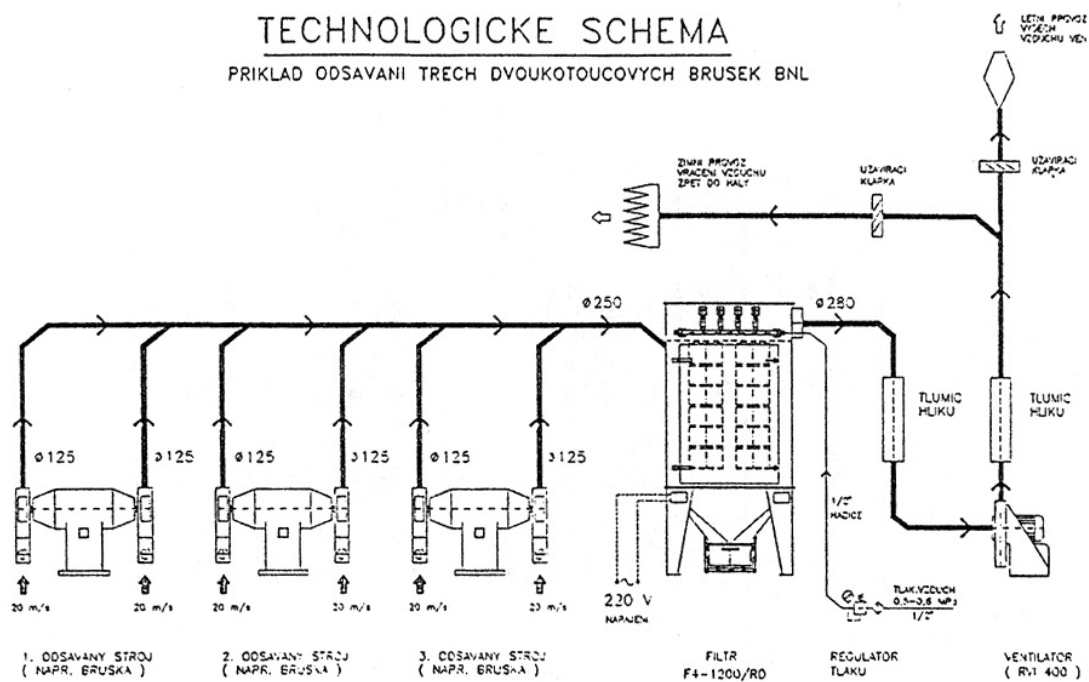
ad 6) Vypíšeme si čísla úseků, které tvoří hlavní trasu a jejich tlakovou ztrátu sečteme, čímž dostaneme celkovou tlakovou ztrátu navrhované sítě.

Pro výpočet tlakové ztráty je rovněž důležitá znalost průměrů přípojek potrubí jednotlivých strojů. Pro některé dřevoobráběcí stroje jsou uvedeny v katalogových listech.

Vlastní výpočet je z důvodu udržení přehlednosti i možnosti úprav provádět podle formuláře pro výpočet odsávání, který je uveden na obr. 5.7.

Celkový příkon ventilátoru se určí podle vzorce (4.23).

# TECHNOLOGICKE SCHEMA PŘÍKLAD ODSÁVÁNÍ TŘECH DVOUKOTOUCOVÝCH BRUSEK BNL



Obr. 5.6 Schéma odsávání s návratem vyčištěné vzdušiny

Číslo úseku	Druh odporu	Rozměr elementu d (mm)	Plocha průřezu S (m <sup>2</sup> )	Rychlost vzduchu v (m s <sup>-1</sup> )	Dynamický tlak p <sub>d</sub> (Pa)	Množství vzduchu V (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Délka potrubí l (m)	Tlaková ztráta Δp <sub>λ</sub> (Pa m <sup>-1</sup> )	Součinitel vřazeného odporu ζ (l)	Odpor elementu Δp <sub>z,el</sub> (Pa)	Odpor úseku Δp <sub>u</sub> (Pa)	Odpor hlavní větve ΣΔp <sub>u</sub> (Pa)
Varianta a)												
1	zákryt	180	0,025 45	17,09	175,2	0,436	--	-	1,87	327,45		
	ohébná hadice	180	0,025 45	17,09	175,2	0,436	3	40	-	120,0		
	oblouk 90°	180	0,025 45	17,09	175,2	0,436	-	-	0,11	19,27	663	663
	potrubí	180	0,025 45	17,09	175,2	0,436	8	20	-	160,0		
	rozbočka	200/180/125	0,025 45	17,09	175,2	0,436	-	-	0,15	26,28		
2	potrubí	200	0,031 4	20,8	259,6	0,655	3	28	-	84,0	136	789
	rozbočka	225/200/110	0,031 4	20,8	269,6	0,655	-	-	0,2	52,0		
3	potrubí	225	0,039 8	21,0	264,6	0,835	6	23	-	138,0		
	oblouk 90°	225	0,039 8	21,0	264,6	0,835	-	-	0,11	29,1	209,4	998,4
	oblouk 90°	225	0,039 8	21,0	264,6	0,835	-	-	0,11	29,1		
	přechod	225/315	0,039 8	21,0	264,6	0,835	-	-	0,05	13,2		
4	přechod	225 x 200/225	0,039 8	21,0	264,6	0,835	--	-	0,01	2,6		
	potrubí	225	0,039 8	21,0	264,6	0,835	4	25	-	100,0		
	oblouk 90°	225	0,039 8	21,0	264,6	0,835	-	-	0,11	29,1		
	přechod	225/215 x 600	0,039 8	21,0	264,6	0,835	-	-	0,02	5,3	648,9	1 647,3
	odlučovač SEB 2	630	2 x 0,31	1,347	1,09	0,835	-	-	353	384,2		
	potrubí	315	0,077 9	10,72	68,95	0,835	10	4,5	-	45,0		
	výfuková hlavice	315	0,077 9	10,72	68,95	0,385	-	-	1,2	82,7		

Obr. 5.7 Výpočet odporu potrubní sítě pro odsávání odpadu

## Přílohy

## Příloha I

## Součinitele vřazených odporů vzduchotechnického potrubí

Koncovky potrubí

T1

1.1. Vstup a výstup

Vstup	$\zeta \bigcirc$	$\zeta \square$	$\zeta \sqcap$
A	0,9	1,2	1,6
B	0,6	0,7	1,0

Výstup  
 $\zeta = 1$

1.2. Konfuzor — difuzor

Vstup	$\alpha$	30°	60°	90°
$\zeta_0$		0,3	0,4	0,7

Výstup	l/D	1	2	3	5
$\zeta_0$		0,45	0,35	0,3	0,25

$$\zeta \square = 1,3 \cdot \zeta_0$$

1.3. Větrací hlavice a stříšky (A — 2D, B — 1,6D, C — PJ 120 362)

Vstup	h/D	0,4	0,6	0,8
$\zeta_A$		1,4	1,2	1,1
$\zeta_B$		0,5	0,3	0,25
$\zeta_V$		—	—	—

Výstup	h/D	0,4	0,6	0,8
$\zeta_A$		1,4	1,1	1,0
$\zeta_B$		0,7	0,6	0,5
$\zeta_V$		—	1,2	—

Samotahová hlavice Cagi — výstup  $\zeta = 1,9$

1.4. Otvory v bočních stěnách potrubí

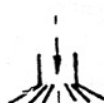

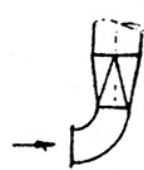

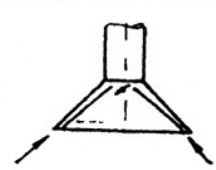
Vstup	$S_0/S_1$	0,3	0,6	1	1,5
$\zeta_A$		30	6,0	2,5	1,0
$\zeta_B$		30	9,0	4,5	2,0

Výstup	$S_0/S_1$	0,3	0,6	1	1,5
$\zeta_A$		30	7,0	2,2	1,8
$\zeta_B$		30	9,0	4,0	2,7

1.5. Vyústka obdélníková s usměrňovacími plechy a mřížkou

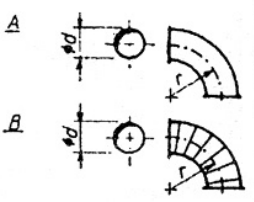
Vztaženo k rychlosti ve volném průřezu vyústky při  $S_0 = 0,8 S_v$

## Příloha I. pokračování

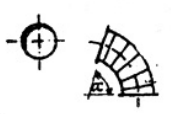
Koncovky potrubí (pokračování)		T 2																
1.6.	Protidešťová žaluzie PJ 130792																	
	Vstup $\zeta = 2,8$ Výstup $\zeta = 1,7$																	
1.7.	Mřížka PJ 120793																	
	Vstup $\zeta = 2,3$																	
1.8.	Anemostat difuzorový ON 12 0840																	
	 Výstup $\zeta = 1,2$																	
1.9.	Vyústka kruhová PJ 120842																	
	 Výstup $\zeta = 4,1$																	
1.10.	Regulační klapky PJ 120624																	
	<table><tr><td><math>\alpha^\circ</math></td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>45</td><td>60</td></tr><tr><td><math>\zeta</math></td><td>125</td><td>90</td><td>60</td><td>40</td><td>25</td><td>8</td><td>3</td></tr></table>		$\alpha^\circ$	10	15	20	25	30	45	60	$\zeta$	125	90	60	40	25	8	3
$\alpha^\circ$	10	15	20	25	30	45	60											
$\zeta$	125	90	60	40	25	8	3											
1.11.	Sací zákryty a nástavce																	
	<div><div> <math>\zeta = 1,7</math></div><div> <math>\zeta = 0,65</math></div><div> <math>\zeta = 1</math></div></div> <p>Vztahy mezi <math>\zeta_A</math> součinitelem průtoku nástavce <math>\mu</math></p> <div><math display="block">\zeta = \frac{1 - \mu^2}{\mu^2}</math><math display="block">\mu = \sqrt{\frac{1}{1 + \zeta}}</math></div>																	

Změny směru

T3

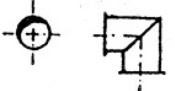
2.1.	Oblouk kruhového průřezu $\alpha = 90^\circ$ $\varnothing d$	
------	--	---

r/d	0,75	1,0	1,5	2	3
$\zeta_{0B}$ $\zeta_{0A}$	0,55 —	0,21 0,4	0,17 0,25	0,15 0,2	0,12 0,1

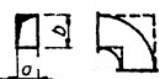
2.2.	Oblouky jiného úhlu $\alpha \leq 90^\circ$ $\varnothing d$	
------	--	---

$\alpha$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	135°	180°
$K_1$	0,25	0,45	0,60	0,78	0,90	1,0	1,23	1,40

$$\zeta_{0\alpha} = K_1 \cdot \zeta_{0A, B}$$

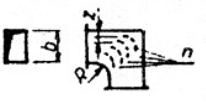
2.3.	Ostré koleno kruhového průřezu $\alpha = 90^\circ$	
------	---	---

$\alpha$	15°	30°	45°	60°	75°	90°	135°	180°
$\zeta_{0K}$	0,05	0,16	0,32	0,55	0,81	1,2	2,3	3,6

2.4.	Oblouky kolena obdélníkového průřezu	
------	--------------------------------------	---

a/b	0,25	0,5	1,0	1,5	2	3	4	5
$K_2$	1,1	1,07	1,0	0,95	0,91	0,83	0,78	0,75

$$\zeta_{\square} = K_2 \cdot \zeta_0 \text{ (pol. 2.1, 2.2, 2.3)}$$

2.5.	Ostré koleno s vodicími lopatkami	
------	-----------------------------------	---

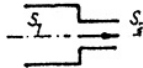
Počet plechů

$$n = \frac{6b}{a} - 1$$

$F/b$	$\alpha$	45°	60°	75°	90°
$\zeta$	0,10 0,26	0,13 0,08	0,20 0,13	0,28 0,18	0,40 0,25

$$\text{Rozteč } z = \frac{b}{n+1} \quad \text{Poloměr } R = 1,3 z$$

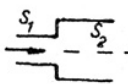
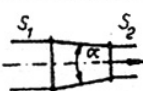

Změny průřezu

3.1.	Náhlé zúžení	
------	--------------	---

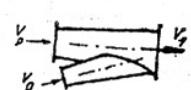

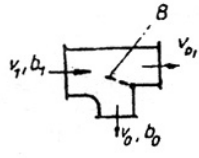
$S_2/S_1$	>0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\zeta$	0,5	0,4	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0

Změny průřezu (pokračování)

T 4

3.2.	Náhlé rozšíření		<table> <tr> <td><math>S_1/S_2</math></td><td>0</td><td>0,2</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,7</td><td>0,8</td><td>0,9</td><td>1</td></tr> <tr> <td><math>\zeta</math></td><td>1,0</td><td>0,65</td><td>0,36</td><td>0,3</td><td>0,15</td><td>0,1</td><td>0,05</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	$S_1/S_2$	0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	$\zeta$	1,0	0,65	0,36	0,3	0,15	0,1	0,05	0	0															
$S_1/S_2$	0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1																													
$\zeta$	1,0	0,65	0,36	0,3	0,15	0,1	0,05	0	0																													
3.3.	Pozvolné zúžení		<table> <tr> <td><math>S_2/S_1</math></td><td><math>\alpha</math></td><td><math>&gt; 0</math></td><td>0,2</td><td>0,4</td><td>0,6</td><td>0,8</td></tr> <tr> <td>45°</td><td></td><td>0,11</td><td>0,08</td><td>0,06</td><td>0,04</td><td>0,02</td></tr> <tr> <td>90°</td><td></td><td>0,17</td><td>0,14</td><td>0,11</td><td>0,07</td><td>0,03</td></tr> <tr> <td>120°</td><td></td><td>0,28</td><td>0,23</td><td>0,17</td><td>0,11</td><td>0,05</td></tr> <tr> <td>150°</td><td></td><td>0,38</td><td>0,31</td><td>0,23</td><td>0,20</td><td>0,08</td></tr> </table>	$S_2/S_1$	$\alpha$	$> 0$	0,2	0,4	0,6	0,8	45°		0,11	0,08	0,06	0,04	0,02	90°		0,17	0,14	0,11	0,07	0,03	120°		0,28	0,23	0,17	0,11	0,05	150°		0,38	0,31	0,23	0,20	0,08
$S_2/S_1$	$\alpha$	$> 0$	0,2	0,4	0,6	0,8																																
45°		0,11	0,08	0,06	0,04	0,02																																
90°		0,17	0,14	0,11	0,07	0,03																																
120°		0,28	0,23	0,17	0,11	0,05																																
150°		0,38	0,31	0,23	0,20	0,08																																
3.4.	Pozvolné rozšíření		<table> <tr> <td><math>S_1/S_2</math></td><td><math>\alpha</math></td><td><math>&gt; 0,8</math></td><td>0,7</td><td>0,6</td><td>0,5</td><td>0,4</td><td>0,3</td></tr> <tr> <td>20°</td><td></td><td>0,02</td><td>0,05</td><td>0,08</td><td>0,16</td><td>0,25</td><td>0,35</td></tr> <tr> <td>30°</td><td></td><td>0,03</td><td>0,08</td><td>0,13</td><td>0,20</td><td>0,30</td><td>0,45</td></tr> <tr> <td><math>&gt; 30^\circ</math></td><td></td><td>0,04</td><td>0,12</td><td>0,16</td><td>0,25</td><td>0,35</td><td>0,65</td></tr> </table>	$S_1/S_2$	$\alpha$	$> 0,8$	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	20°		0,02	0,05	0,08	0,16	0,25	0,35	30°		0,03	0,08	0,13	0,20	0,30	0,45	$> 30^\circ$		0,04	0,12	0,16	0,25	0,35	0,65			
$S_1/S_2$	$\alpha$	$> 0,8$	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3																															
20°		0,02	0,05	0,08	0,16	0,25	0,35																															
30°		0,03	0,08	0,13	0,20	0,30	0,45																															
$> 30^\circ$		0,04	0,12	0,16	0,25	0,35	0,65																															

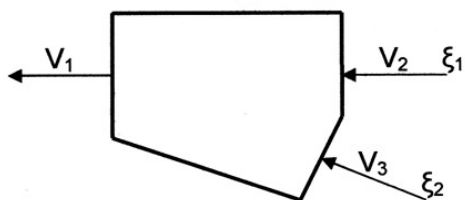
Dělení a spojování proudů

4.1.	Odbočka sací kruhového průřezu	 $\alpha = 12 \text{ až } 20^\circ$	<table> <tr> <td><math>v_{p.o}/v_1</math></td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,7</td><td>0,8</td><td>0,9</td><td>1</td><td>1,1</td><td>1,2</td></tr> <tr> <td><math>\zeta_p</math></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <td><math>\zeta_o</math></td><td>0,7</td><td>0,6</td><td>0,45</td><td>0,3</td><td>0,2</td><td>0,15</td><td>0,05</td><td>0,1</td><td>0,2</td></tr> </table>	$v_{p.o}/v_1$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	$\zeta_p$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\zeta_o$	0,7	0,6	0,45	0,3	0,2	0,15	0,05	0,1	0,2
$v_{p.o}/v_1$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2																								
$\zeta_p$	0	0	0	0	0	0	0	0	0																								
$\zeta_o$	0,7	0,6	0,45	0,3	0,2	0,15	0,05	0,1	0,2																								
4.2.	Odbočka výtlačná kruhového průřezu	 $\alpha = 12 \text{ až } 20^\circ$	<table> <tr> <td><math>v_{p.o}/v_1</math></td><td>0,6</td><td>0,8</td><td>1</td><td>1,2</td><td>1,4</td><td>1,6</td></tr> <tr> <td><math>\zeta_p</math></td><td>0,4</td><td>0,35</td><td>0,2</td><td>0,1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <td><math>\zeta_o</math></td><td>-0,8</td><td>-0,4</td><td>0</td><td>0,1</td><td>0,25</td><td>0,35</td></tr> </table>	$v_{p.o}/v_1$	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	$\zeta_p$	0,4	0,35	0,2	0,1	0	0	$\zeta_o$	-0,8	-0,4	0	0,1	0,25	0,35									
$v_{p.o}/v_1$	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6																											
$\zeta_p$	0,4	0,35	0,2	0,1	0	0																											
$\zeta_o$	-0,8	-0,4	0	0,1	0,25	0,35																											
4.3.	Odbočka výtlačná obdélníkového průřezu		<table> <tr> <td rowspan="2"></td><th colspan="2">A</th><th>B</th></tr> <tr> <th><math>b_1 = b_0</math></th><th><math>b_1 &gt; b_0</math></th><th><math>b_1 \geq b_0</math></th></tr> <tr> <td><math>\zeta_p</math></td><td>0</td><td>0</td><td>0,3</td></tr> <tr> <td><math>\zeta_o</math></td><td>0,5</td><td>1,3</td><td>1,0</td></tr> </table>		A		B	$b_1 = b_0$	$b_1 > b_0$	$b_1 \geq b_0$	$\zeta_p$	0	0	0,3	$\zeta_o$	0,5	1,3	1,0															
	A		B																														
	$b_1 = b_0$	$b_1 > b_0$	$b_1 \geq b_0$																														
$\zeta_p$	0	0	0,3																														
$\zeta_o$	0,5	1,3	1,0																														

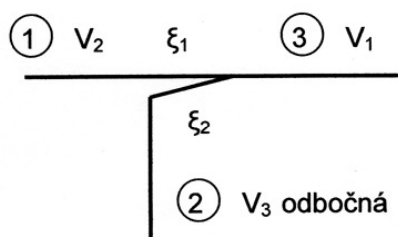




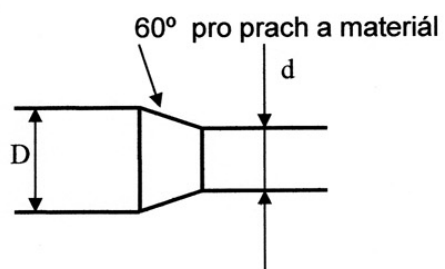
odpory odboček



Poměry rychlostí						
$V_1/V_2$	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
$\xi_1$	0,4	0,35	0,2	0,1	0	0
$V_3/V_2$	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
$\xi_2$	1,3	0,7	0	0,1	0,25	0,35



$$d = 1,1 \cdot D \cdot \sqrt{\frac{1}{\sqrt{\frac{\Delta p}{p_d}} + 1}}$$



$\Delta p$  – rozdíl tloušťky, který je potřeba škrtit

$d < 0,6 D$ ; pak je třeba přepočet na dvě vložky (v extrému i tři vložky)

$$\Delta p_1 = \frac{\Delta p}{2}$$