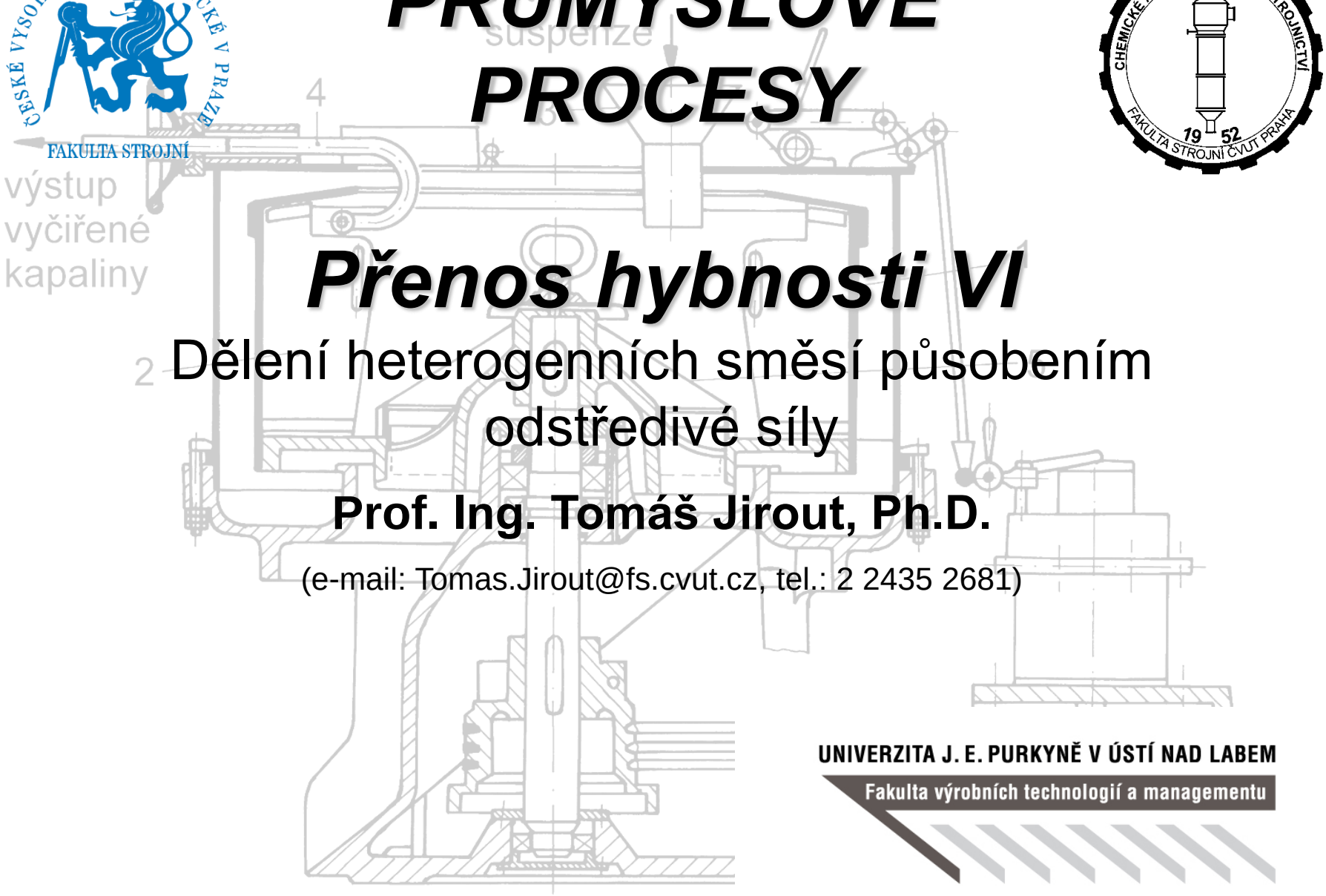
PRŮMYSLOVÉ PROCESY



Přenos hybnosti VI

Dělení heterogenních směsí působením odstředivé síly

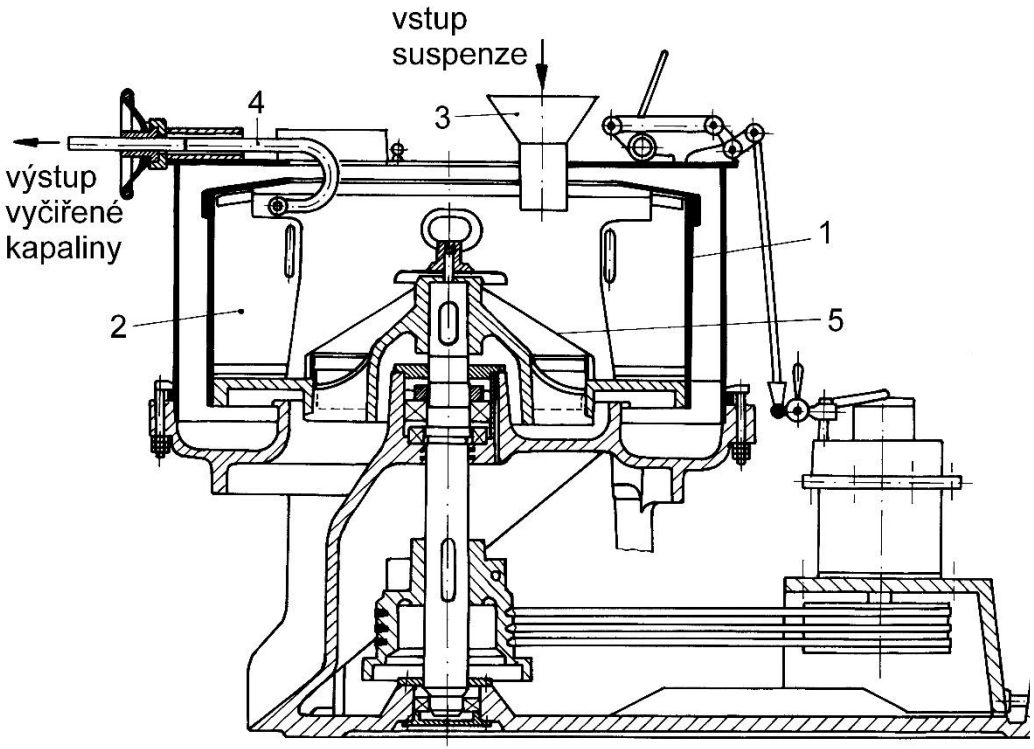
Prof. Ing. Tomáš Jirout, Ph.D.

(e-mail: Tomas.Jirout@fs.cvut.cz, tel.: 2 2435 2681)

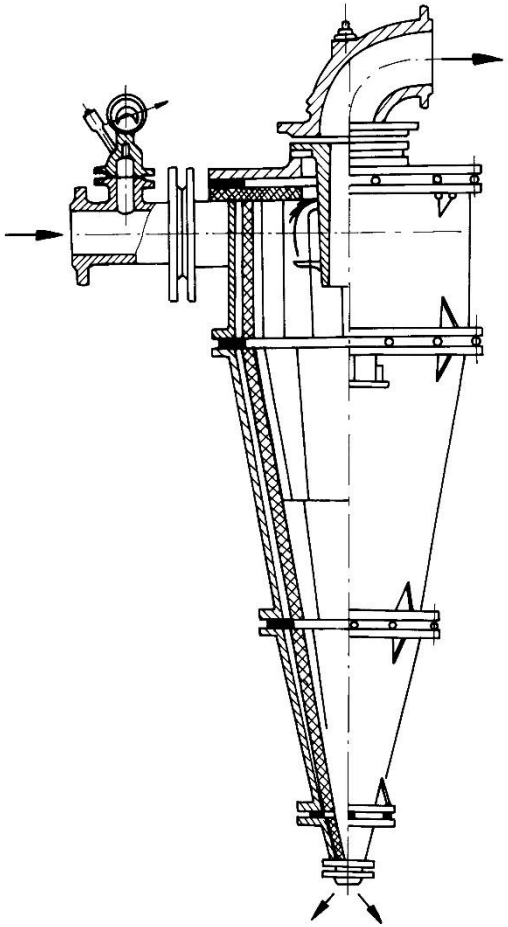
UNIVERZITA J. E. PURKYNĚ V ÚSTÍ NAD LABEM
Fakulta výrobních technologií a managementu

DĚLENÍ HETEROGENNÍCH SMĚSÍ PŮSOBENÍM ODSTŘEDIVÉ SÍLY

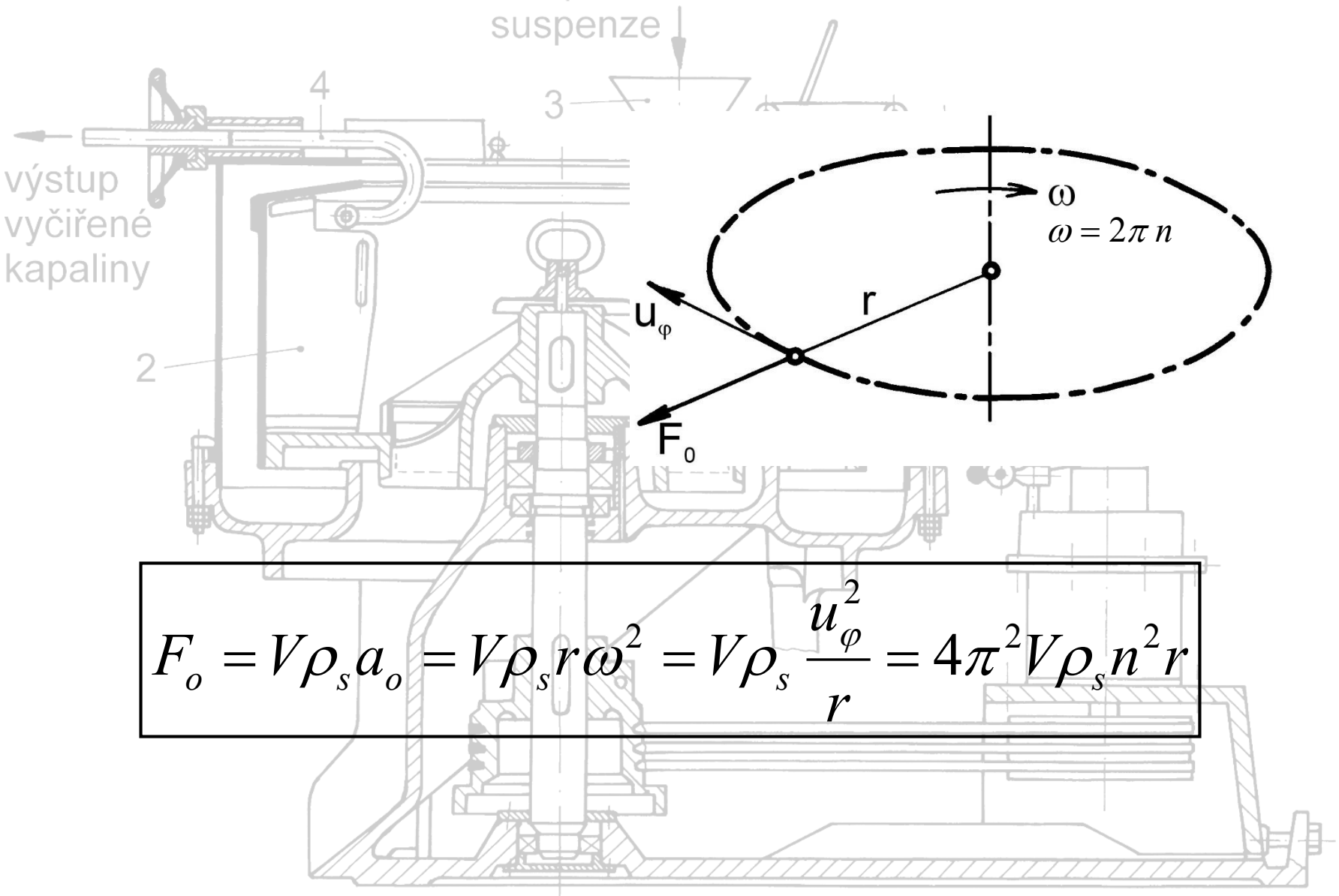
Odstředivky



Vírové odlučovače



Účinek odstředivé síly na hmotnou částici



$$F_o = V\rho_s a_o = V\rho_s r\omega^2 = V\rho_s \frac{u_\varphi^2}{r} = 4\pi^2 V\rho_s n^2 r$$

Kromě odstředivé síly působí na hmotnou částici ještě ***vztlak***, vyvolaný odstředivým účinkem na tu část kapaliny hustotě ρ , která rotuje stejnou úhlovou rychlostí jako částice.

$$F_{ov} = 4\pi^2 V \rho n^2 r$$

Účinek ***gravitace*** na hmotnou částici, jakož i na kapalinu v odstředivce se zpravidla zanedbává. Např. na částici o hmotnosti 1 g působí v bubnu odstředivky s poloměrem $r = 0{,}5$ m při frekvenci otáčení $1470\ \text{min}^{-1}$ odstředivá síla

$$F_o = 4\pi^2 \cdot 0{,}001 \left(\frac{1470}{60}\right)^2 0{,}5 = 11{,}85\ N .$$

Pro porovnání se vypočítá gravitační síla

$$G = mg = 0{,}001 \cdot 9{,}81 = 9{,}81 \cdot 10^{-3}\ N$$

a poměr obou sil má tedy hodnotu:

$$K_s = \frac{F_o}{G} = \frac{11{,}85}{1 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}81} = 1208 .$$

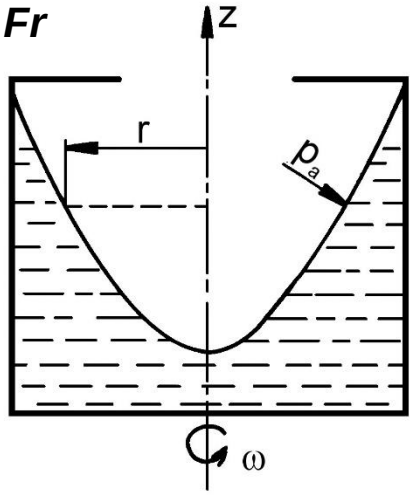
V praxi se pohybuje tento silový poměr u odstředivek v rozmezí $K_s = 50 \div 5 \cdot 10^4$, u ultraodstředivek dosahuje až hodnoty $1 \cdot 10^6$.

Tento poměr sil, nazývaný také ***dělící faktor***, je roven Froudovu číslu:

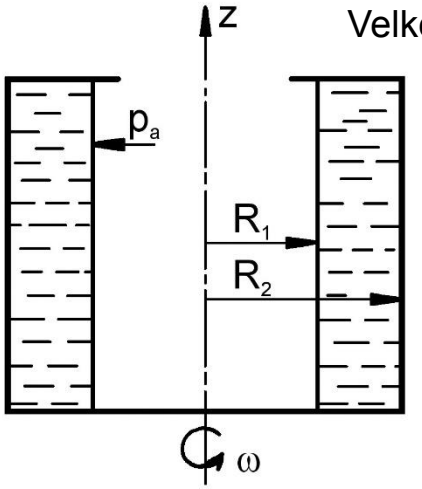
$$\frac{F_o}{G} = \frac{u_\varphi^2}{rg} = Fr$$

Účinek odstředivé síly na kapalinu

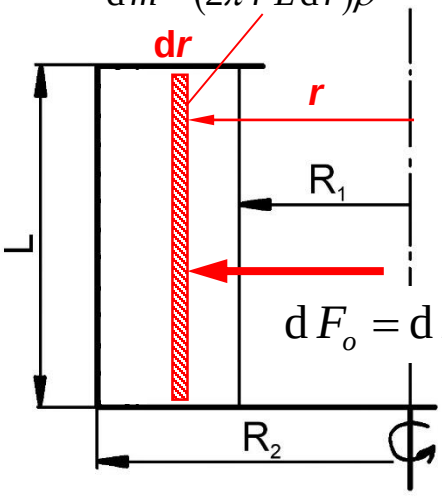
Malé hodnoty ***Fr***



Velké hodnoty ***Fr***



Tlak působící na rotující kapalinu



$$dF_o = dm\, r\omega^2$$

$$dp = \frac{dF_o}{S} = \rho\omega^2 r\, dr \Rightarrow p = \frac{1}{2}\rho\omega^2 r^2 + const.$$

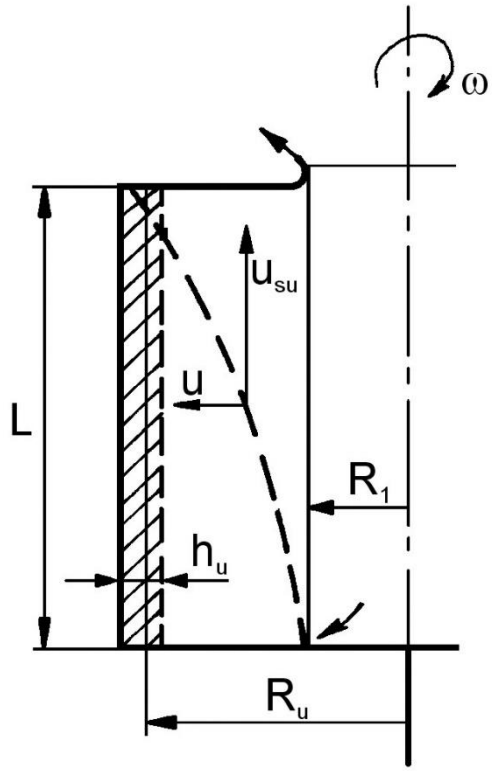
$$S = 2\pi r L$$

Tlak působící na stěnu bubnu

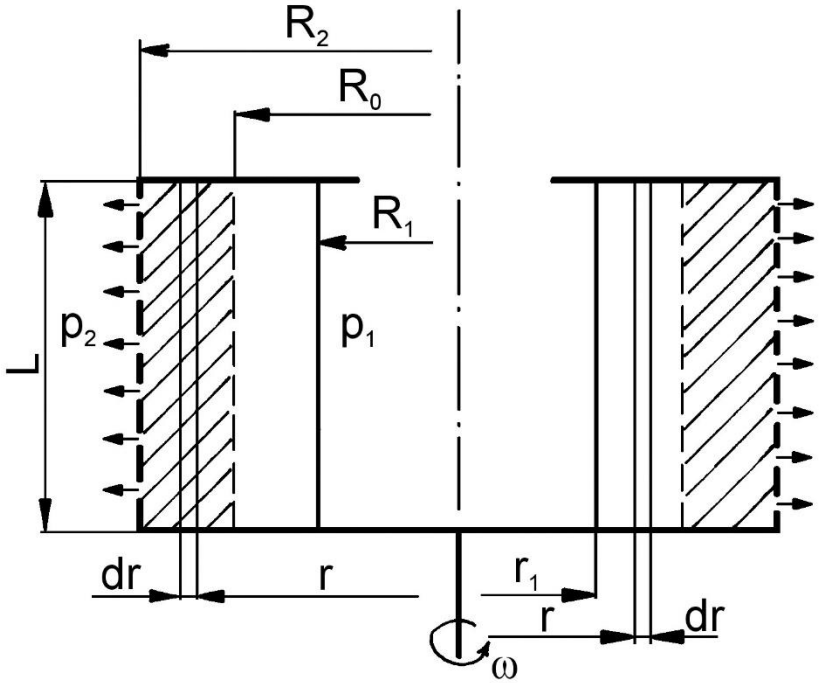
$$p = p_a + \frac{1}{2}\rho\omega^2\left(R_2^2 - R_1^2\right)$$

ODSTŘEDIVKY

Usazovací odstředivky



Filtrační odstředivky



Podle způsobu práce rozeznáváme odstředivky pracující:

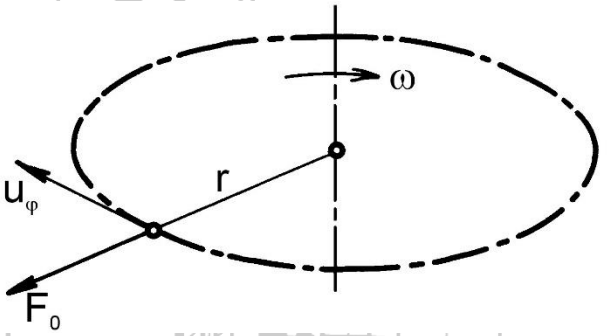
- periodicky
- polokontinuálně
- kontinuálně

Výpočet odstředivek

Rychlost usazování v odstředivkách

Na částici, usazující se v rotující kapalině, působí následující síly:

- odstředivá síla $\vec{F}_o$
- vztlaková síla v odstředivém poli $\vec{F}_{ov}$
- Coriolisova síla $\vec{F}_c$
- tíhová síla $\vec{G}$
- vztlaková síla v gravitačním poli $\vec{F}_v$
- odpor prostředí $\vec{F}$
- setrvačná síla $\vec{F}_s$



Rovnováha sil v radiálním směru

$$F_o - F_{ov} - F_r - F_{sr} = 0 \Rightarrow u = \sqrt{\frac{4}{3}\frac{D(\rho_s - \rho)r\omega^2}{C_D\rho}}$$

$$F_o = \frac{\pi D^3}{6}\rho_s r\omega^2 \qquad F_{ov} = \frac{\pi D^3}{6}\rho r\omega^2 \qquad F_r = C_D\frac{\pi D^2}{4}\frac{u^2}{2}\rho$$

$$u = \sqrt{\frac{4}{3}\frac{D(\rho_s - \rho)r\omega^2}{C_D\rho}}$$

Usazovací rychlost v poli odstředivé síly je možno získat z rovnice pro usazovací rychlost v gravitačním poli nahradíme-li gravitační zrychlení zrychlením odstředivým.

$$g \rightarrow r\omega^2$$

Stokesova oblast:

$$u = \frac{D^2(\rho_s - \rho)\omega^2}{18\mu}r$$

Přechodová oblast:

$$u = 0{,}153\frac{D^{1{,}14}(\rho_s - \rho)^{0{,}71}\omega^{1{,}42}}{\rho^{0{,}29}\mu^{0{,}43}}r^{0{,}71}$$

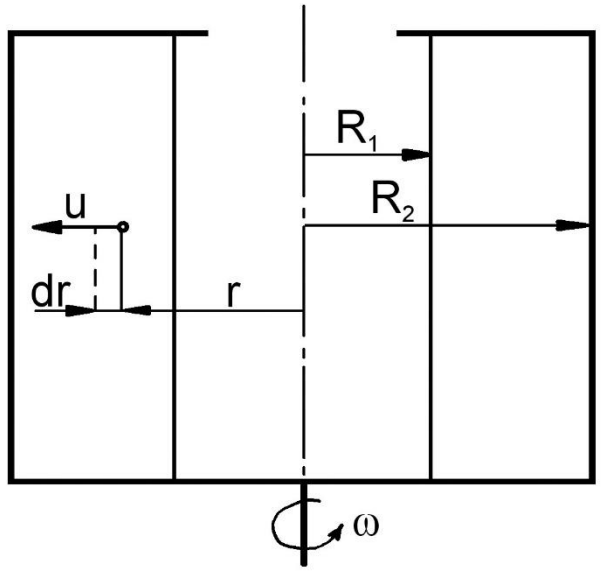
Newtonova oblast:

$$u = 1{,}74\frac{D(\rho_s - \rho)\omega^2}{\rho}r$$

Doba usazování v bubnové odstředivce

$$\mathrm{d}r = u\,\mathrm{d}t$$

$$\int_0^t \mathrm{d}t = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mathrm{d}r}{u}$$



***Stokesova oblast*:**

$$t = \frac{18\mu}{D^2(\rho_s - \rho)\omega^2}\int_{R_1}^{R_2}\frac{\mathrm{d}r}{r} = \frac{18\mu}{D^2(\rho_s - \rho)\omega^2}\ln\frac{R_2}{R_1}.$$

Přechodová oblast:

$$t = \frac{\rho^{0,29}\mu^{0,43}}{0,153D^{1,14}(\rho_s - \rho)^{0,71}\omega^{1,42}}\int_{R_1}^{R_2}\frac{\mathrm{d}r}{r^{0,71}} = 22,5\frac{\rho^{0,29}\mu^{0,43}}{D^{1,14}(\rho_s - \rho)^{0,71}\omega^{1,42}}\left(R_2^{0,29} - R_1^{0,29}\right),$$

Newtonova oblast:

$$t = \frac{1}{1,74}\sqrt{\frac{\rho}{D(\rho_s - \rho)\omega^2}}\int_{R_1}^{R_2}\frac{\mathrm{d}r}{r^{1/2}} = 1,15\sqrt{\frac{\rho}{D(\rho_s - \rho)\omega^2}}\left(\sqrt{R_2} - \sqrt{R_1}\right)$$

Objemová výkonnost bubnových odstředivek

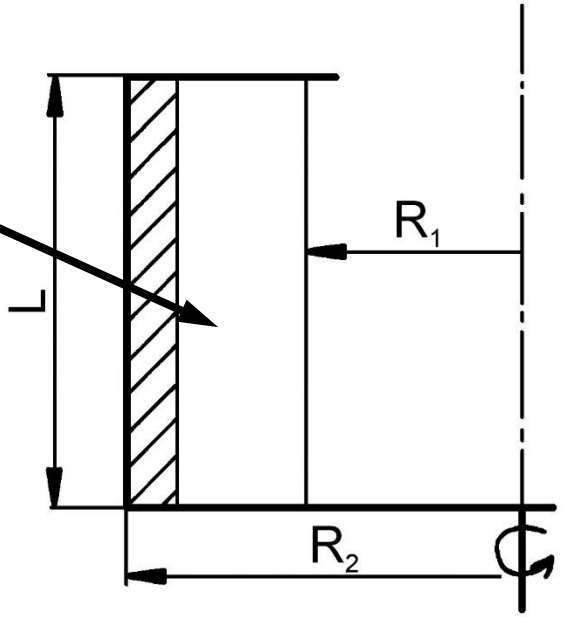
Periodicky pracující odstředivka

Doba trvání jedné periody t_p sestává z:

- čistého času na odstřeďovaní ***t***
- manipulačního času t_m (plnění, spouštění, vyprazdňování a zastavování)

$$V = \pi L\left(R_2^2 - R_1^2\right)$$

$$\dot{V}_{stř} = \frac{\pi L\left(R_2^2 - R_1^2\right)}{t + t_m}$$

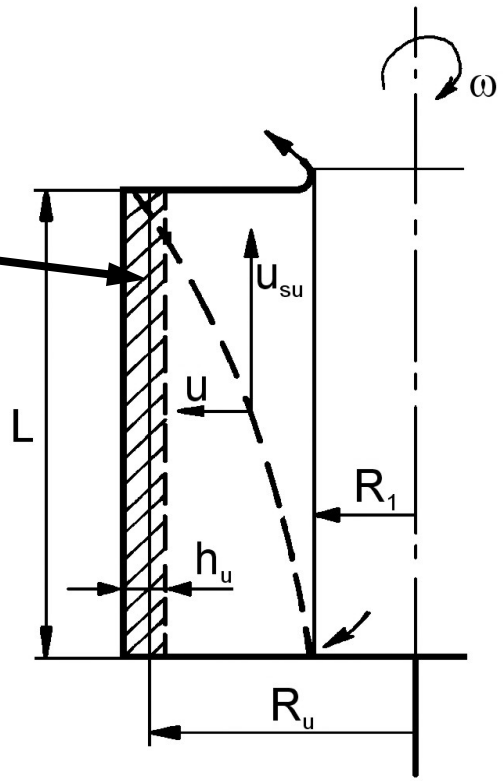


Polokontinuální odstředivka

Doba trvání jedné periody t_p je v tomto případě dána dobou naplnění bubnu odstředivky usazeninou do určité maximální výšky h_u. ***Hmotnost usazeniny*** m_u:

$$m_u = 2\pi R_u L h_u \rho_u ,$$

kde R_u je střední poloměr vrstvy usazeniny, L - výška bubnu a ρ_u - hustota usazeniny.



Za předpokladu, že všechna pevná fáze přejde ze suspenze do usazeniny, platí ***hmotnostní bilance pevné fáze***:

$$m_u w_u = m_{su} w_{su} ,$$

kde m_{su} je ***hmotnost suspenze zpracované za jednu periodu*** a w_{su} resp. w_u - hmotnostní podíl pevné fáze v suspenzi, resp. v usazenině.

$$\Downarrow$$

$$m_{su} = m_u \frac{w_u}{w_{su}} = 2\pi R_u L h_u \rho_u \frac{w_u}{w_{su}} \quad \text{resp.} \quad V_{su} = 2\pi R_u h_u L \frac{\rho_u}{\rho_{su}} \frac{w_u}{w_{su}}$$

Maximální dovolený průtok suspenze odstředivkou $\dot{V}_{su}$. Při jeho výpočtu vyjdeme z podmínky, že **doba zdržení suspenze v bubnu odstředivky t_z se musí rovnat době usazování částic t:**

$$t_z = \frac{V}{\dot{V}_{su}} = t \quad \Rightarrow \quad \boxed{\dot{V}_{su} = \frac{V}{t} = \frac{\pi\left(R_u^2 - R_1^2\right)L}{t}}$$

Dobu odstřeďování t_o pak můžeme vyjádřit jako podíl objemu suspenze zpracovávané za jednu periodu a objemového průtoku suspenze:

$$t_o = \frac{V_{su}}{\dot{V}_{su}} = 2R_u h_u \frac{\rho_u}{\rho_{su}} \frac{w_u}{w_{su}} \frac{t}{R_u^2 - R_1^2}$$

Průměrná objemová výkonnost polokontinuální odstředivky:

$$\dot{V}_{stř} = \frac{V_{su}}{t_o + t_m}$$

Kontinuální odstředivka

tekutý sediment

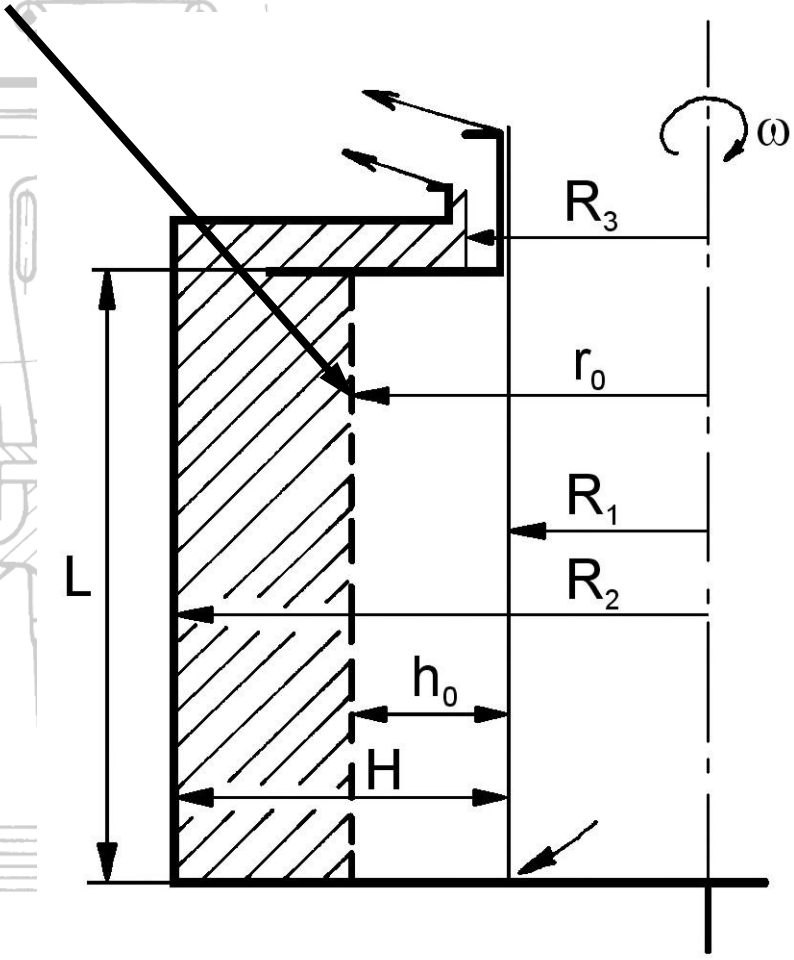
Poloměr rozhraní mezi lehkou a těžkou fází:

bilance tlaku na fázovém rozhraní

$$p_a + \frac{1}{2}\omega^2 \rho\left(r_o^2 - R_1^2\right) = p_a + \frac{1}{2}\omega^2 \rho_u \left(r_o^2 - R_3^2\right)$$

$$\Downarrow$$

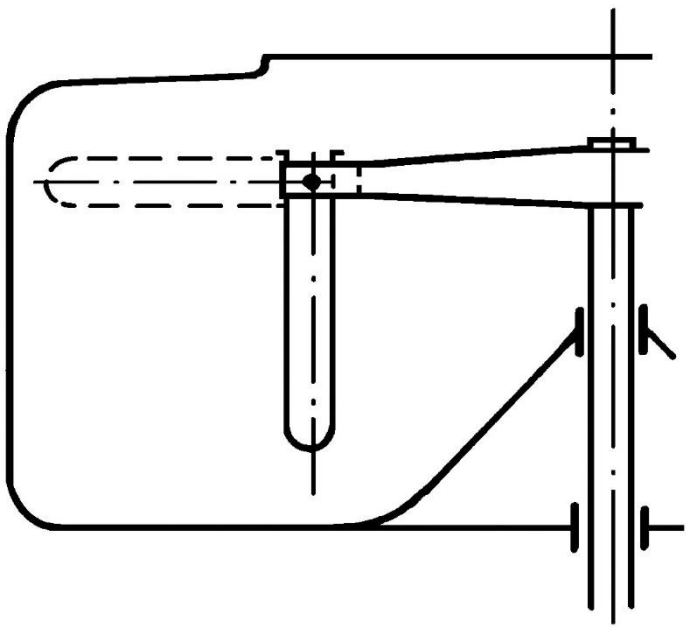
$$r_o = \sqrt{\frac{\rho_u R_3^2 - \rho R_1^2}{\rho_u - \rho}}$$



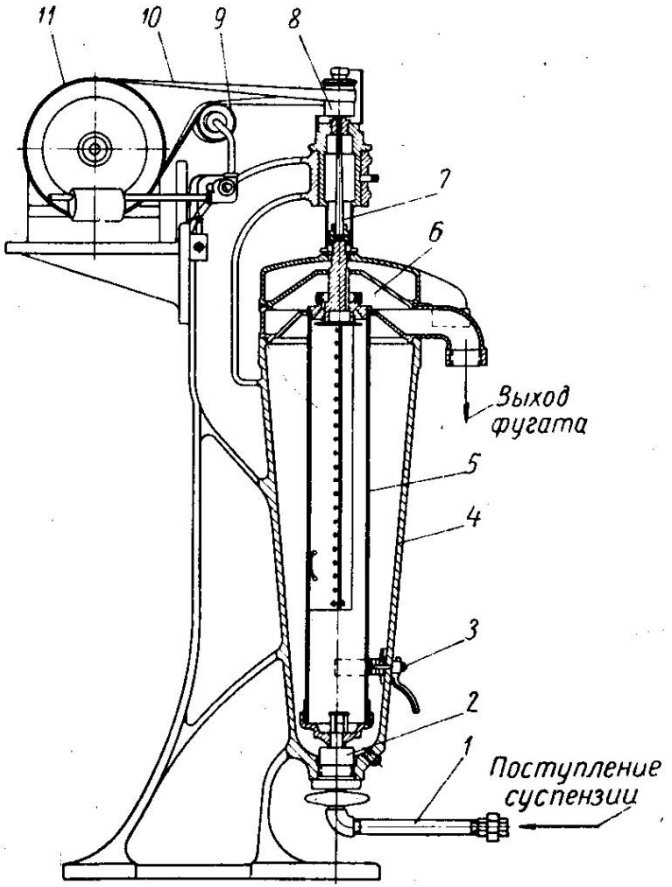
Hlavní typy a provedení odstředivek

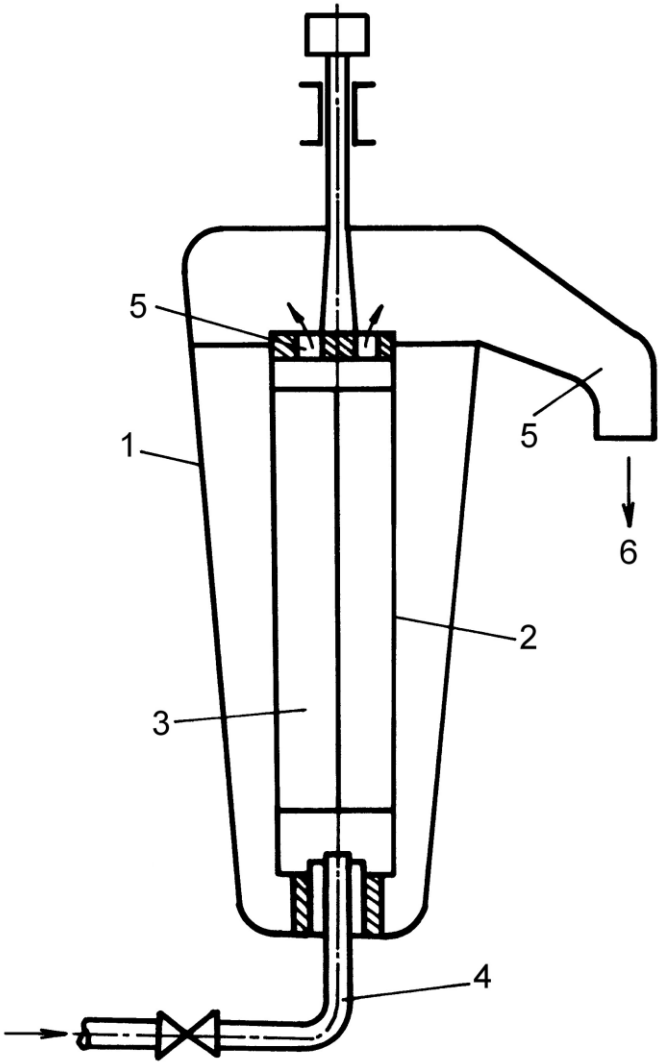
Usazovací odstředivky

Nádobkové (kyvetové) odstředivky



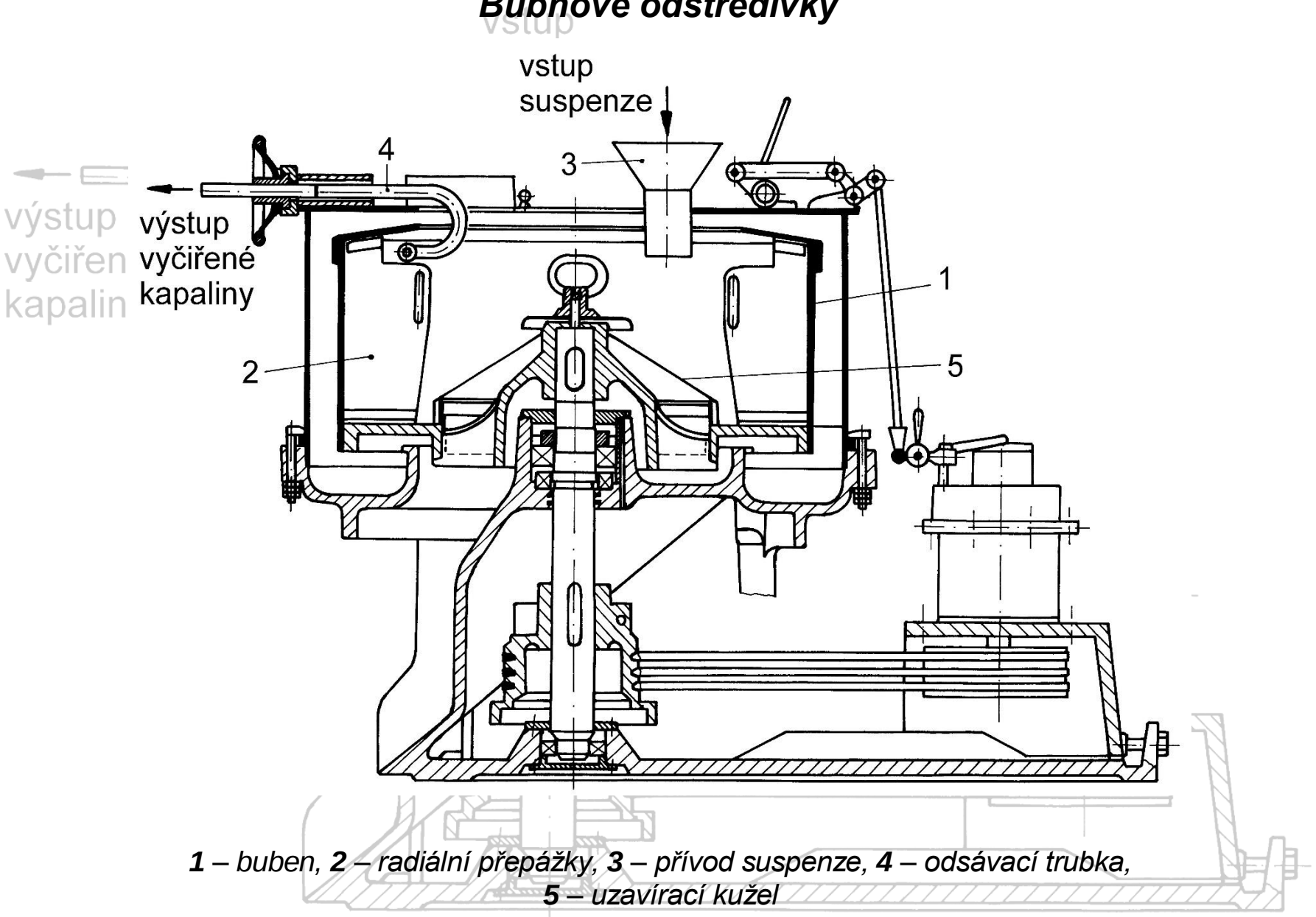
Trubkové odstředivky





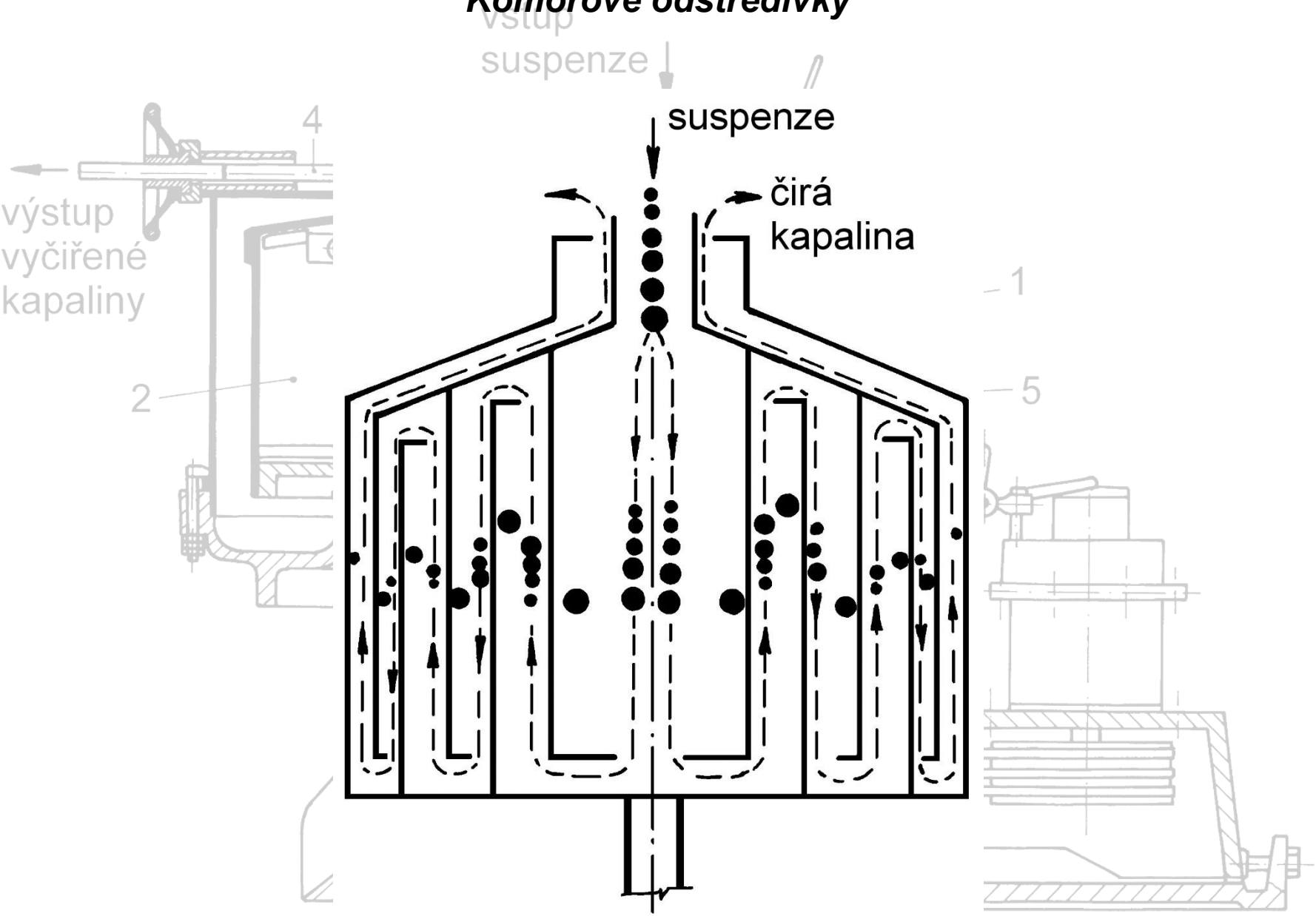
1 *– plášť,* ***2*** *– buben,* ***3*** *– radiální lopatky,*
4 *– přívod suspenze,* ***5*** *– otvory,*
6 *– výstup*

Bubnové odstředivky



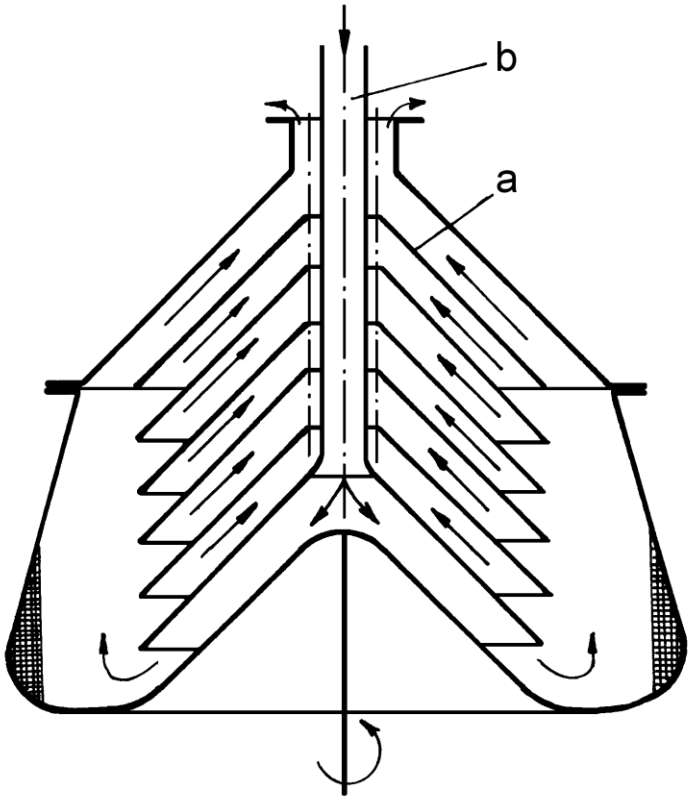
***1** – buben, **2** – radiální přepážky, **3** – přívod suspenze, **4** – odsávací trubka, **5** – uzavírací kužel*

Komorové odstředivky



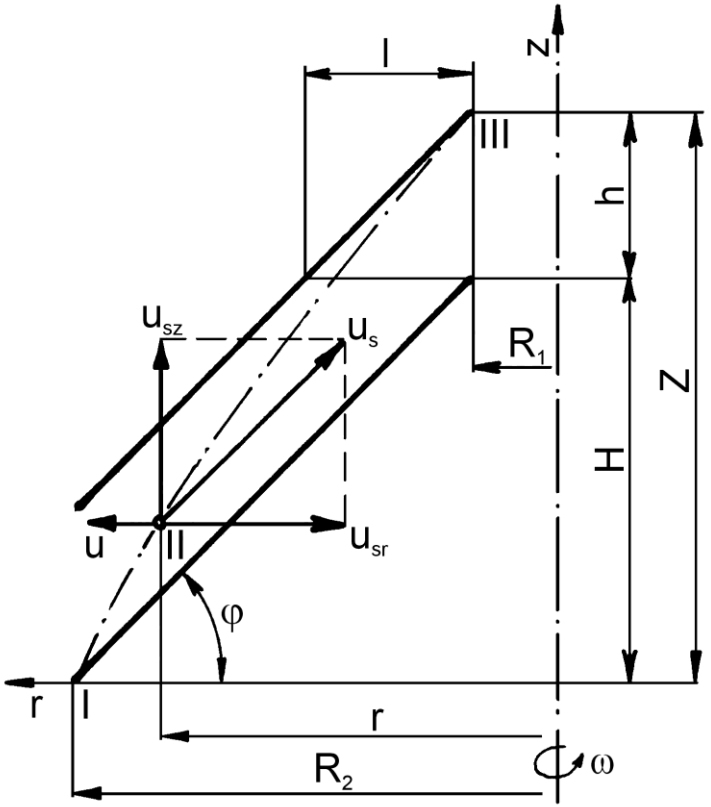
Talířové odstředivky

Buben talířové usazovací odstředivky

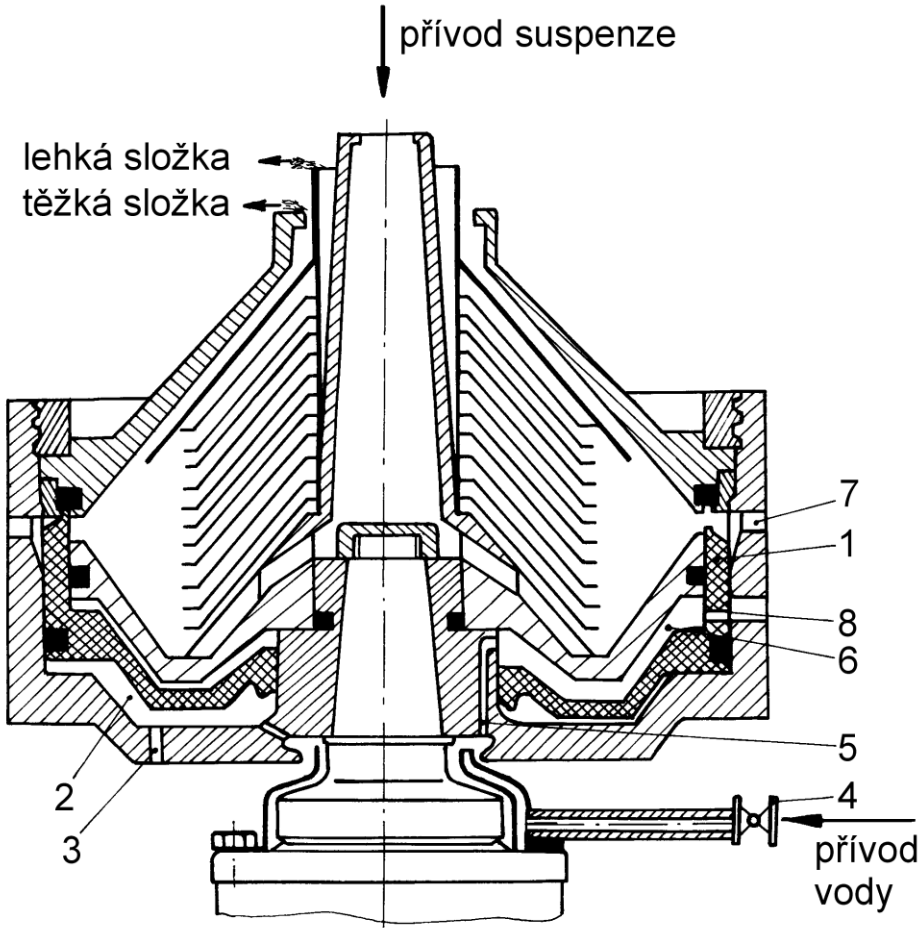


***a** – kuželové talíře, **b** – přívod suspenze*

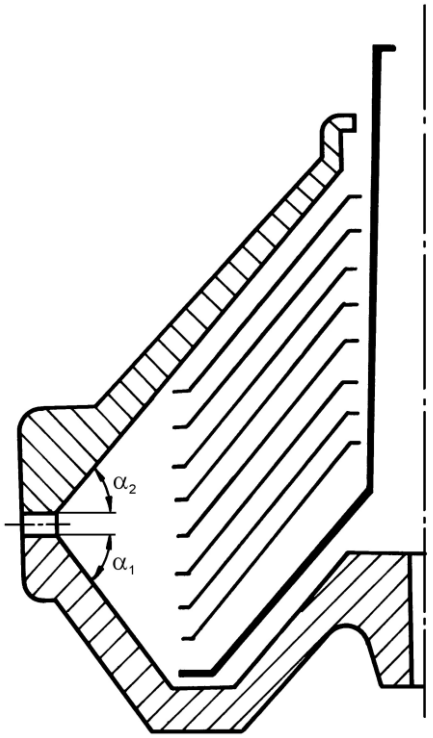
Dráha částice při usazování v prostoru mezi talíři



Talířová usazovací odstředivka se šoupátkovým odpouštěním kalu



Buben s tryskovým odpouštěním kalu

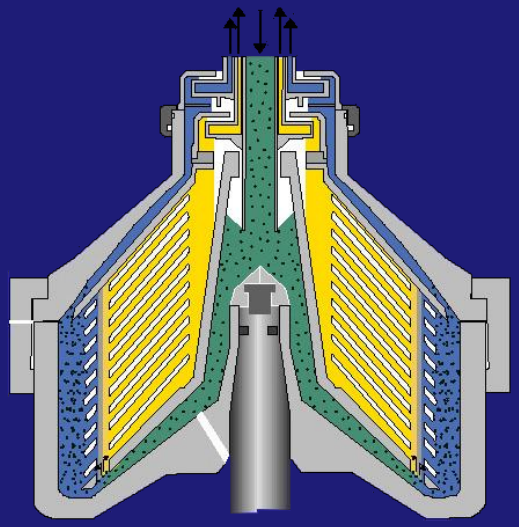


***1** – pístové šoupátko, **2** – prostor pro uzavírací kapalinu, **3** – přepadový otvor, **4** – přívodní kohout, **5** – přívodní kanálek, **6** – prostor pro kapalinu, **7** – otvory pro výstup kalu, **8** – otvor pro výstup ovládací kapaliny*

Menu

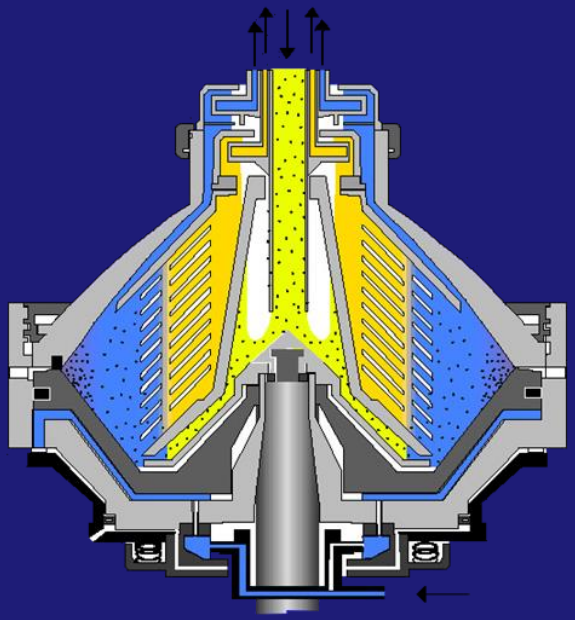
Vysokorychlostní separátor

Manuální



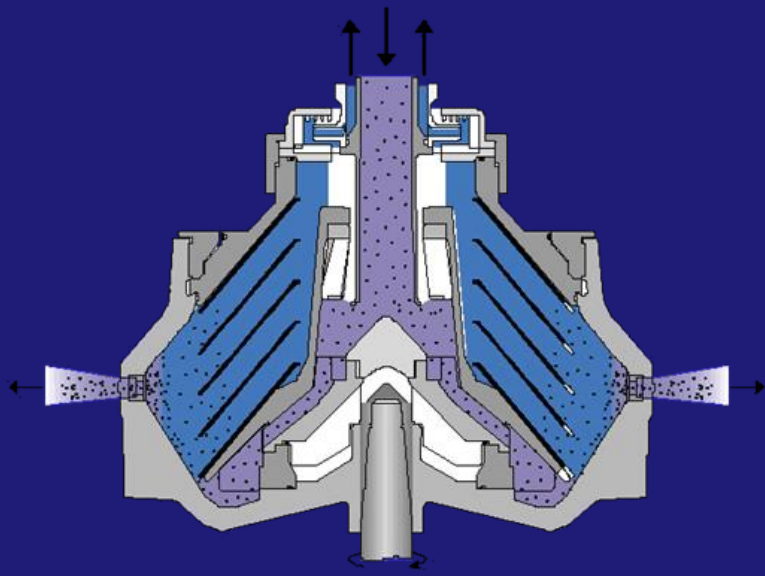
≤ 0,5% látek v nátoku
Plno-plášťový typ

Nesouvislý

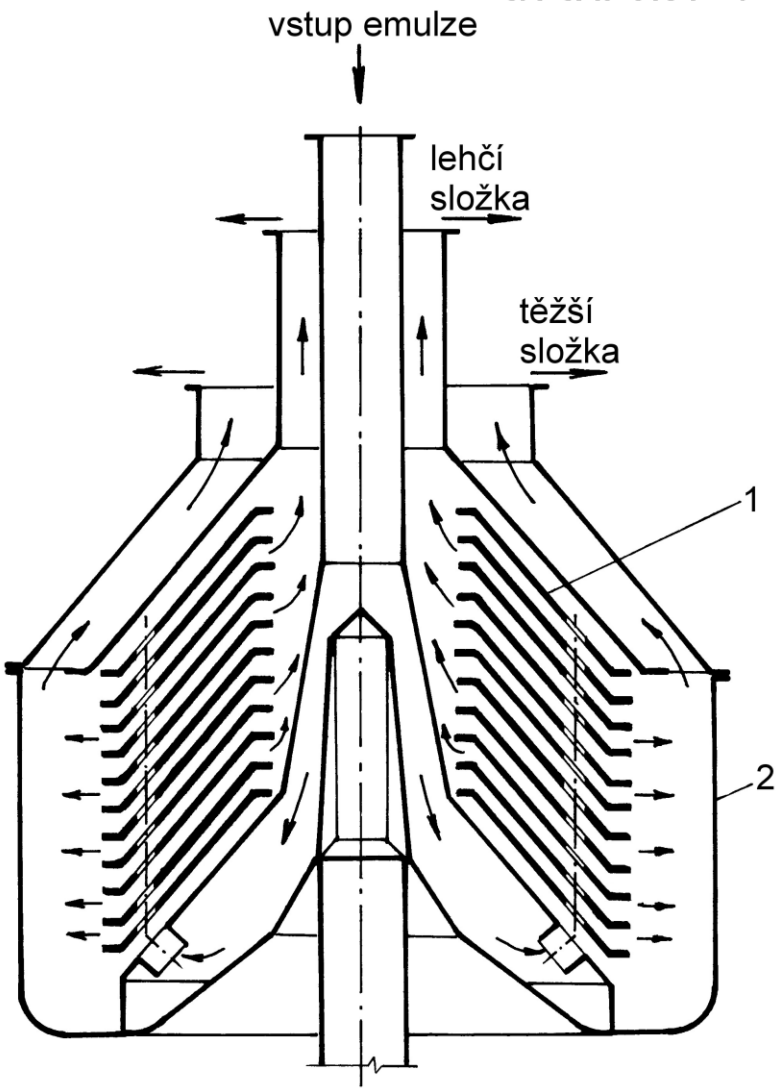


0,5 - 10% látek v nátoku
Samo-odkalovací typ

Plynulý

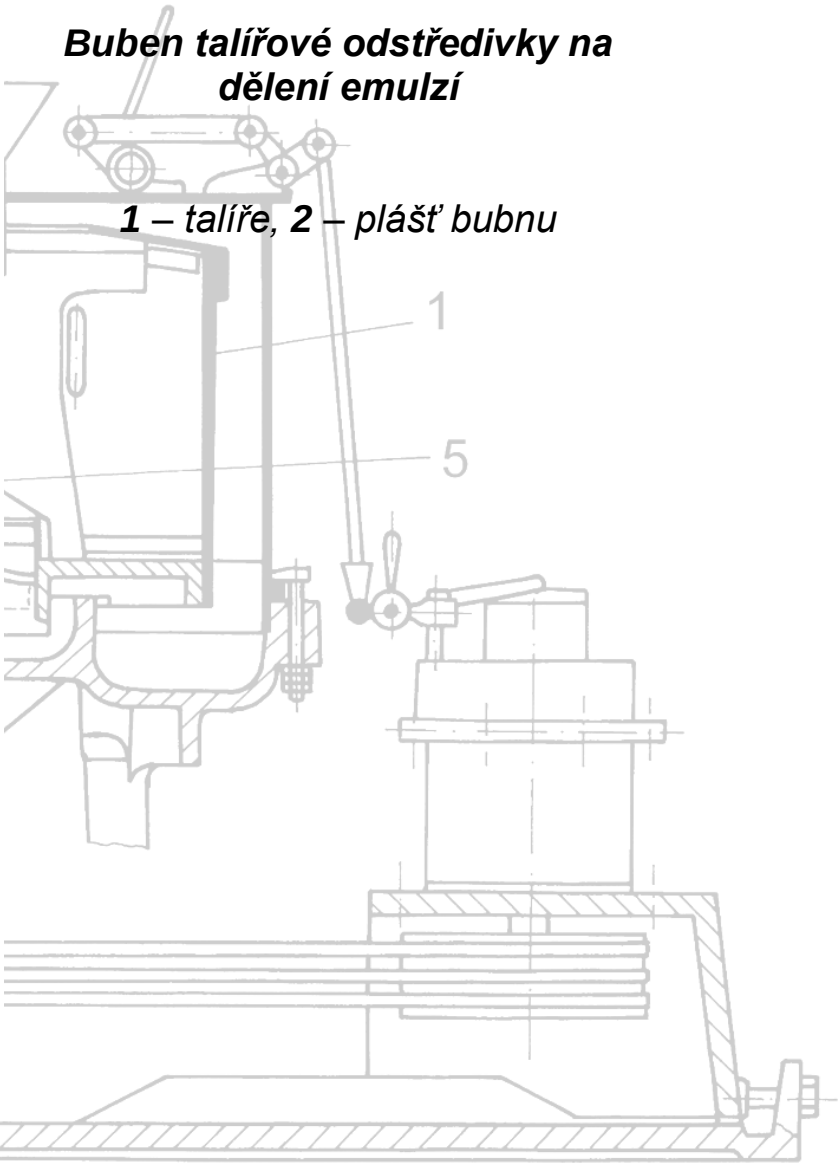


5 - 35% látek v nátoku
Tryskový typ



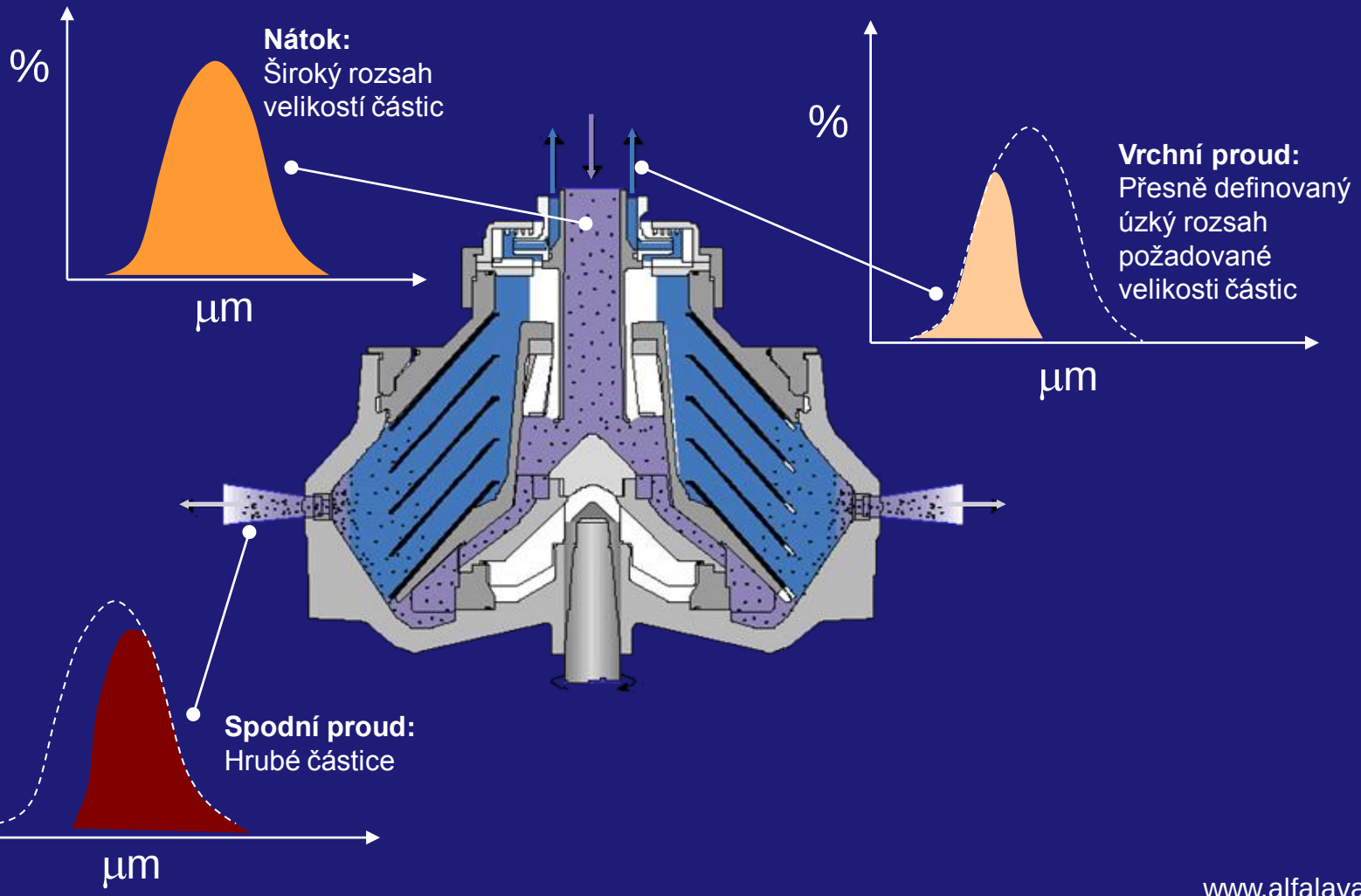
Buben talířové odstředivky na dělení emulzí

1 *– talíře,* ***2*** *– plášť bubnu*

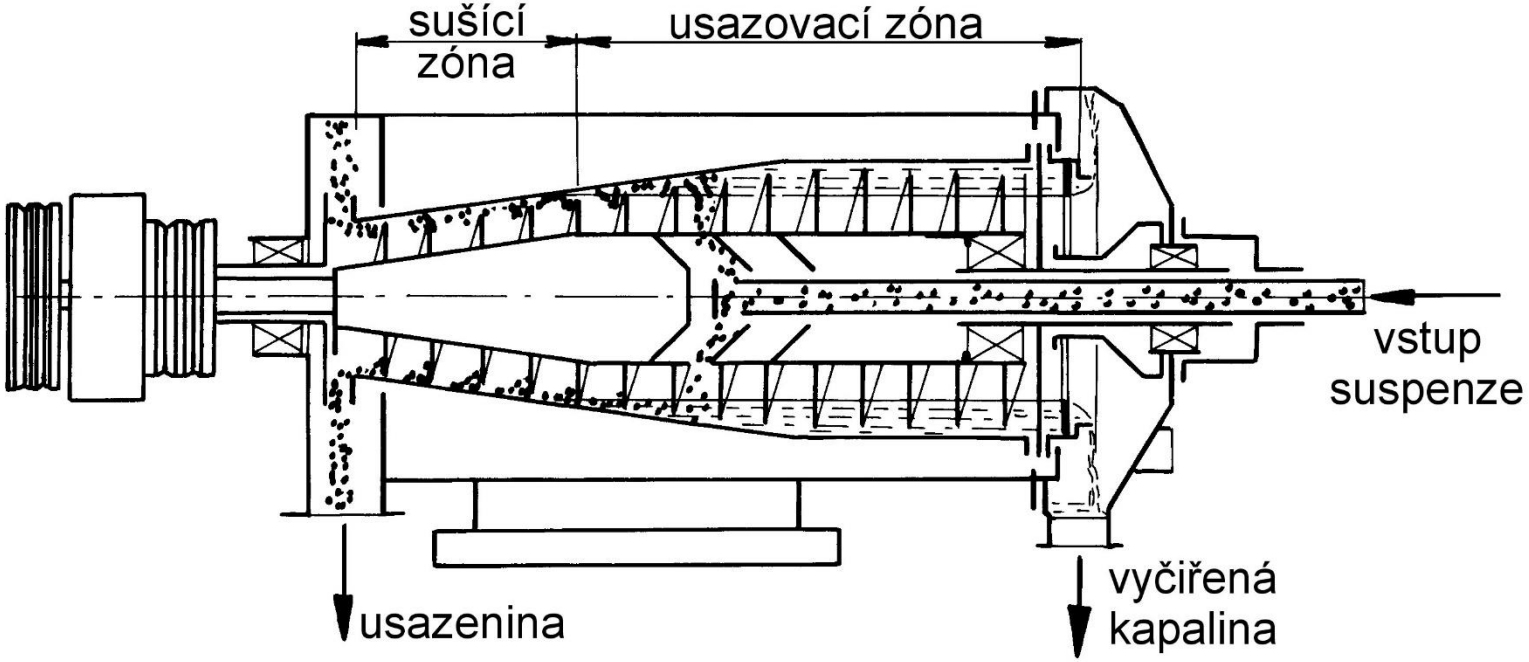


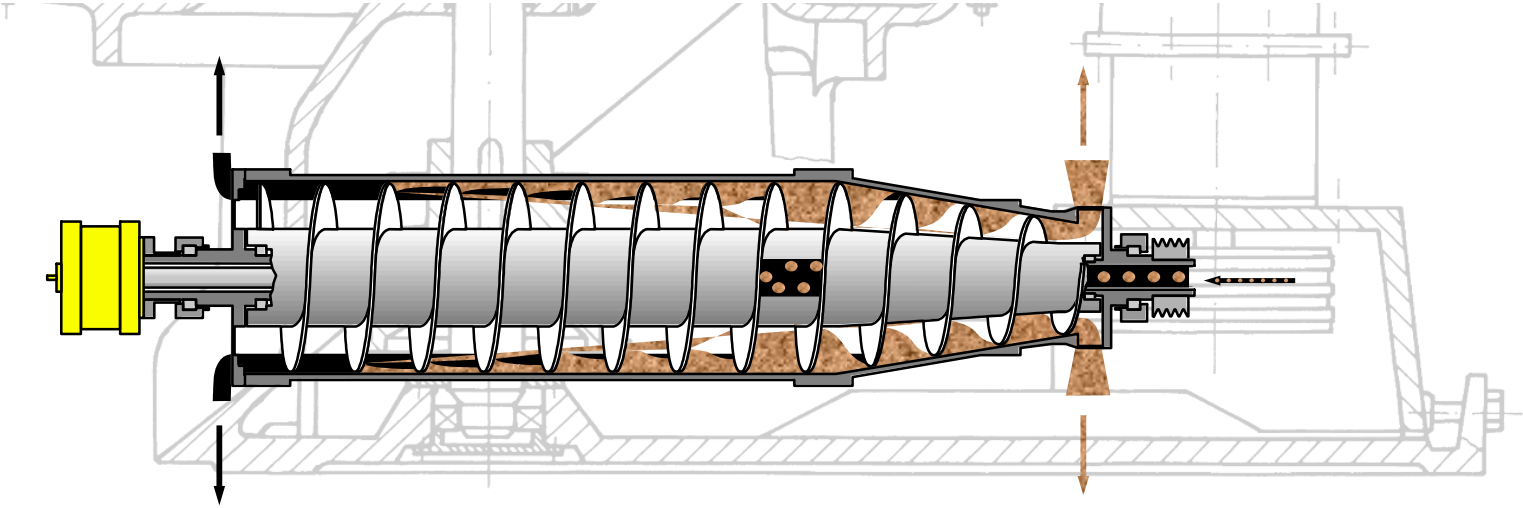
Menu

Vysokorychlostní separátor



Vodorovné usazovací odstředivky se šnekovým vyprazdňováním





Dekantér

DDGS

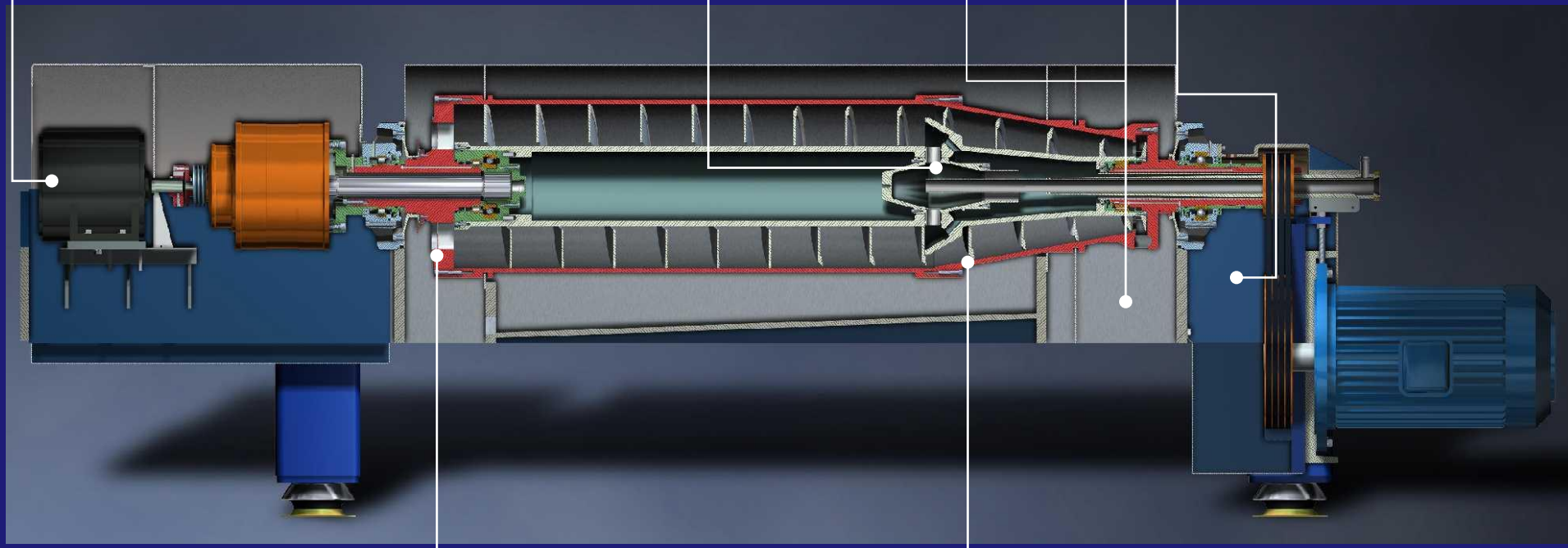
Šroubová vstupní zóna dopravníku

360° systém vyprazdňování koláče

Ochrana výstupní zóny proti erozi

Jednodílná konstrukce rámu

Zadní pohon a řízení

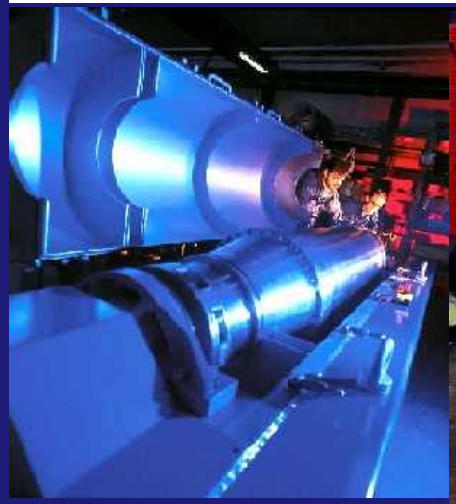


Ochrana lopatek šnekovnice proti opotřebení erozí

Systém vyprazdňování kapaliny

Vlastnosti dekantéru

Jednodílná konstrukce rámu



Vlastnosti

Hlavní motor a zadní pohon na rámu

Vyprazdňování kapaliny a pevných látek integrované společně s potrubím v rámu

Pružinové výklopné víko

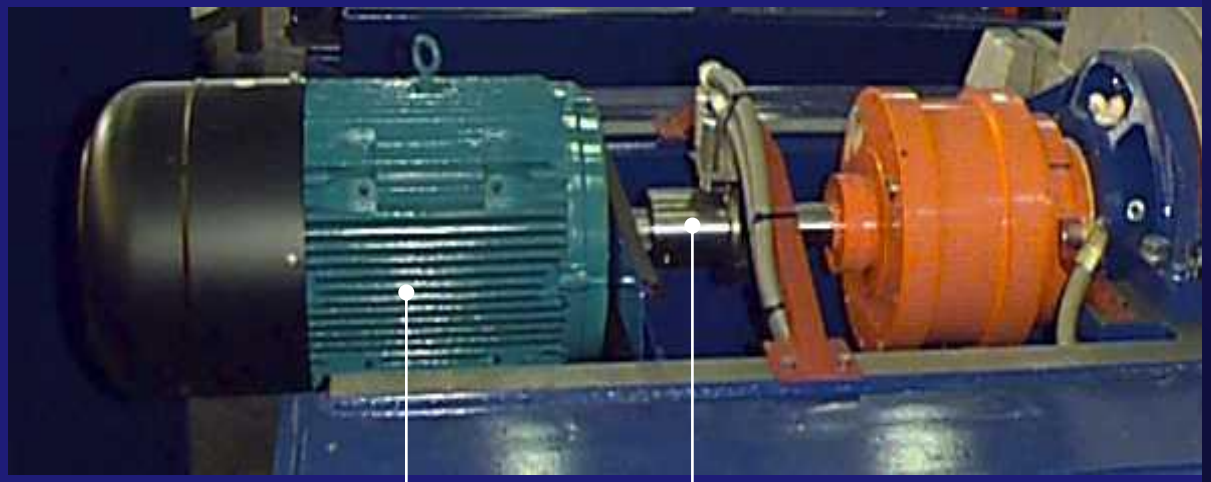
Výhody

Snadná instalace

Víko může být snadno otevřeno do vertikální polohy, což umožňuje rychlý a snadný přístup k rotační sestavě

Vlastnosti dekantéru

Systém zadního pohonu: Pastorek/Motor zadního pohonu v ose (VFD)



Pohonný motor pastorku převodovky

Pružná spojka

Výhody

Možné řízení frekvenčním měničem (VFD)

Může být použit běžný motor

Zatížení v ose zajišťuje mechanickou spolehlivost

Home

Next

Back

Vlastnosti dekantéru

Ochrana proti opotřebení šneku: destičky z karbidu wolframu

Výhody

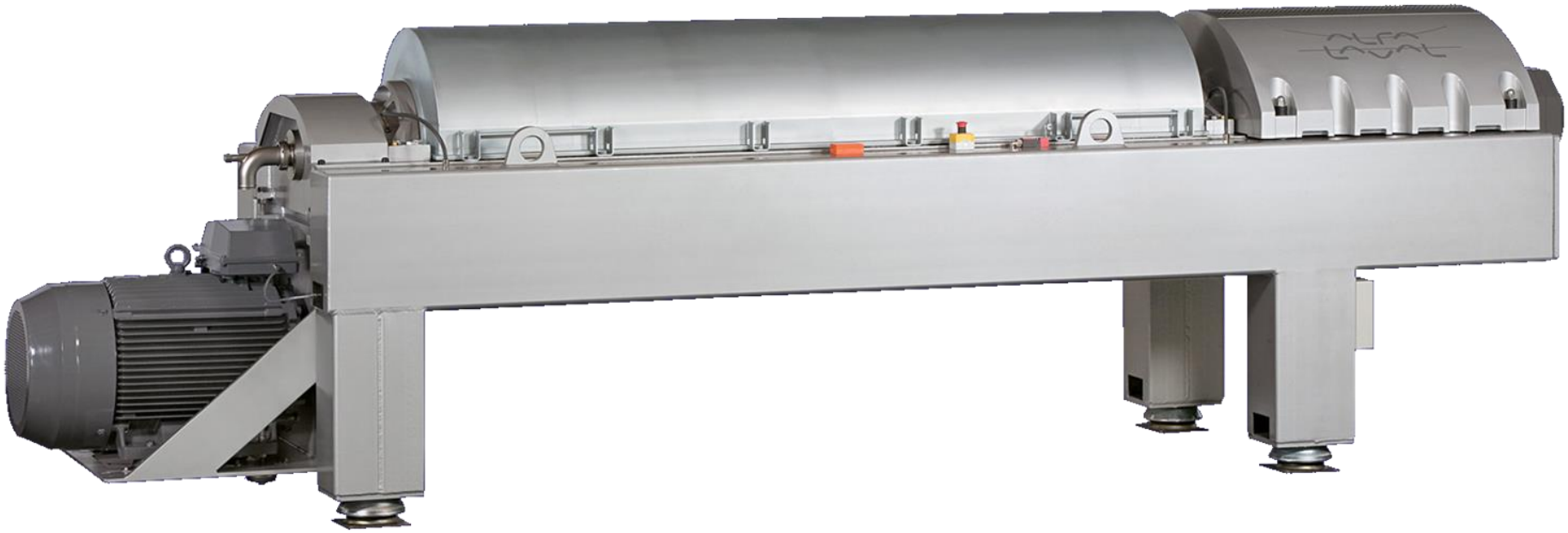
Redukované kroutící síly na šroubovici šneku

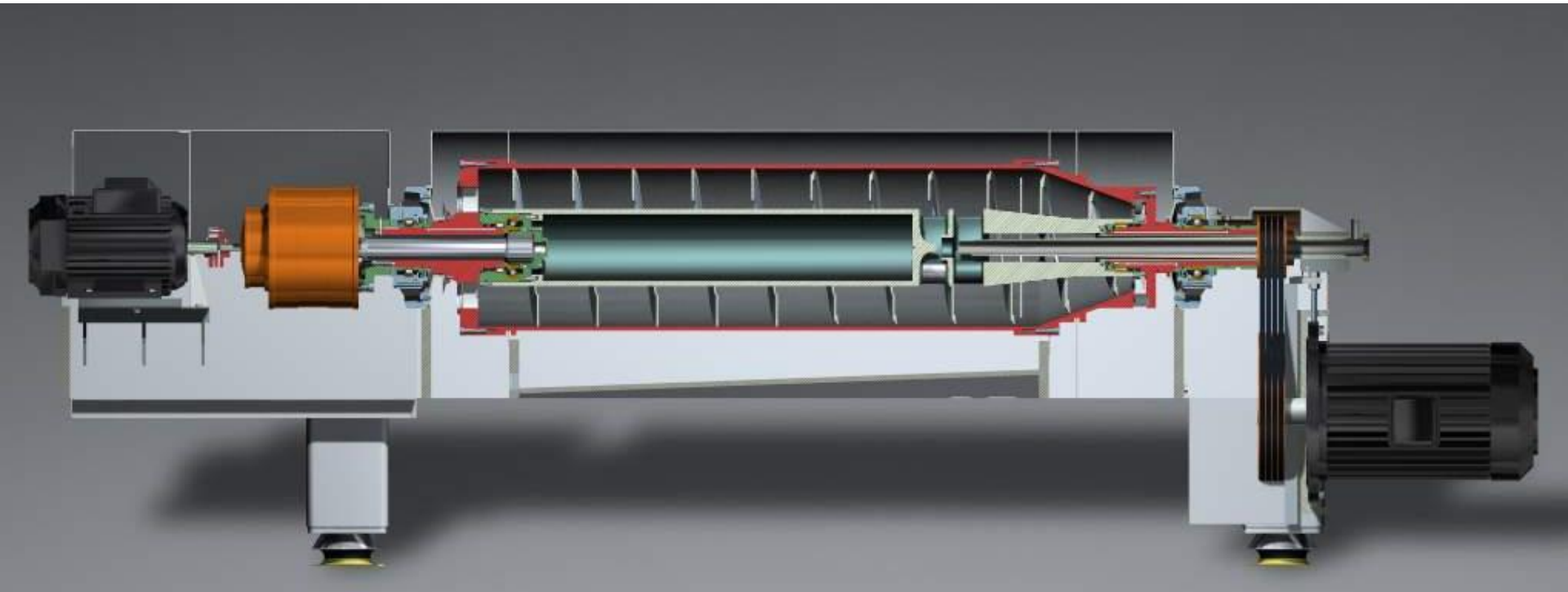
Vysoká dopravní kapacita při stejném výkonu motoru

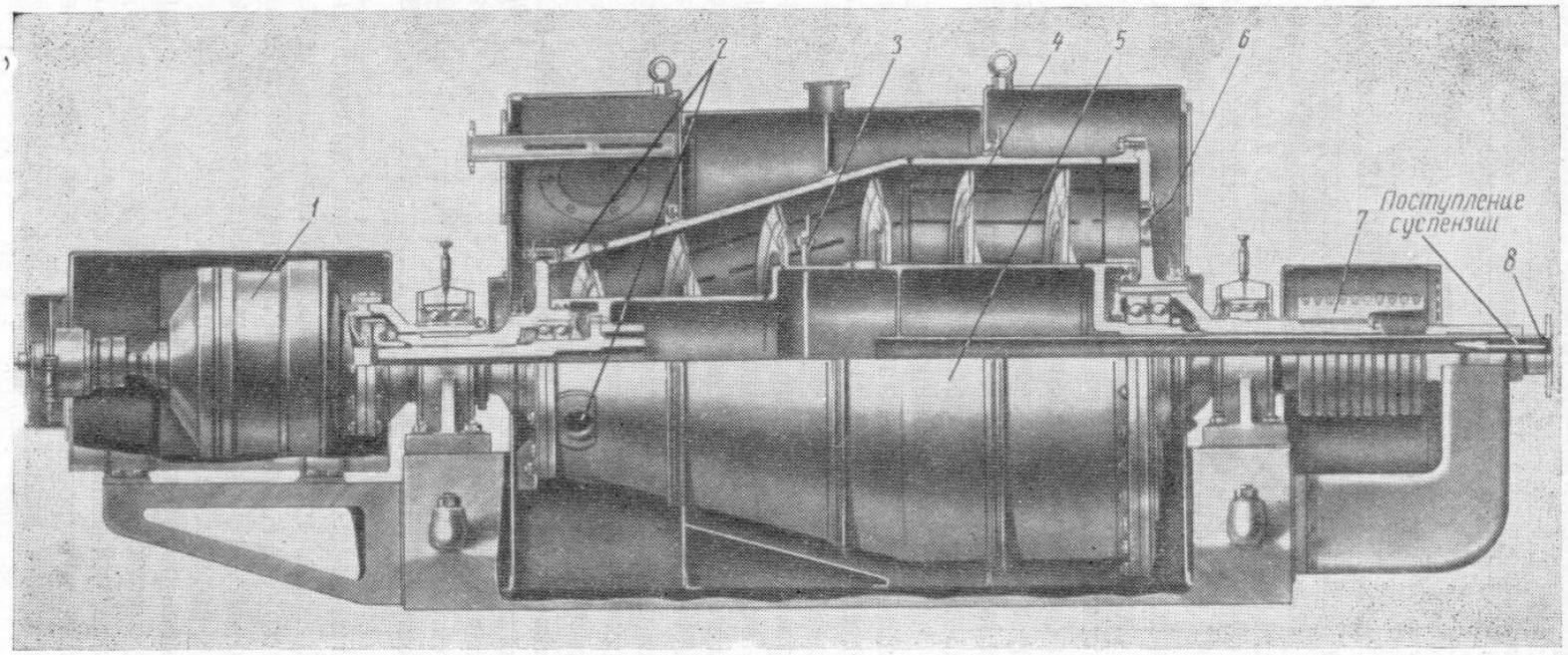
Erozní ochrana „zdarma“

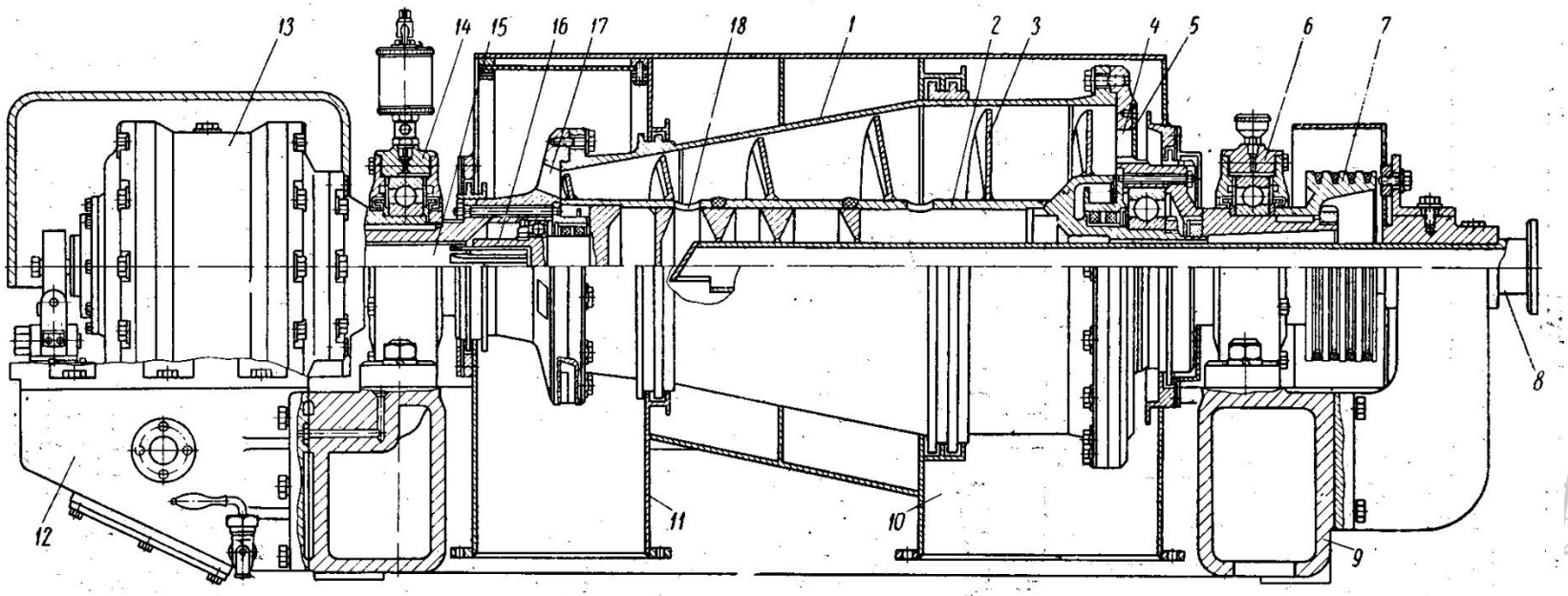
Láme částice během transportování

Navařené na lopatkách šnekového dopravníku


ALFA LAVAL

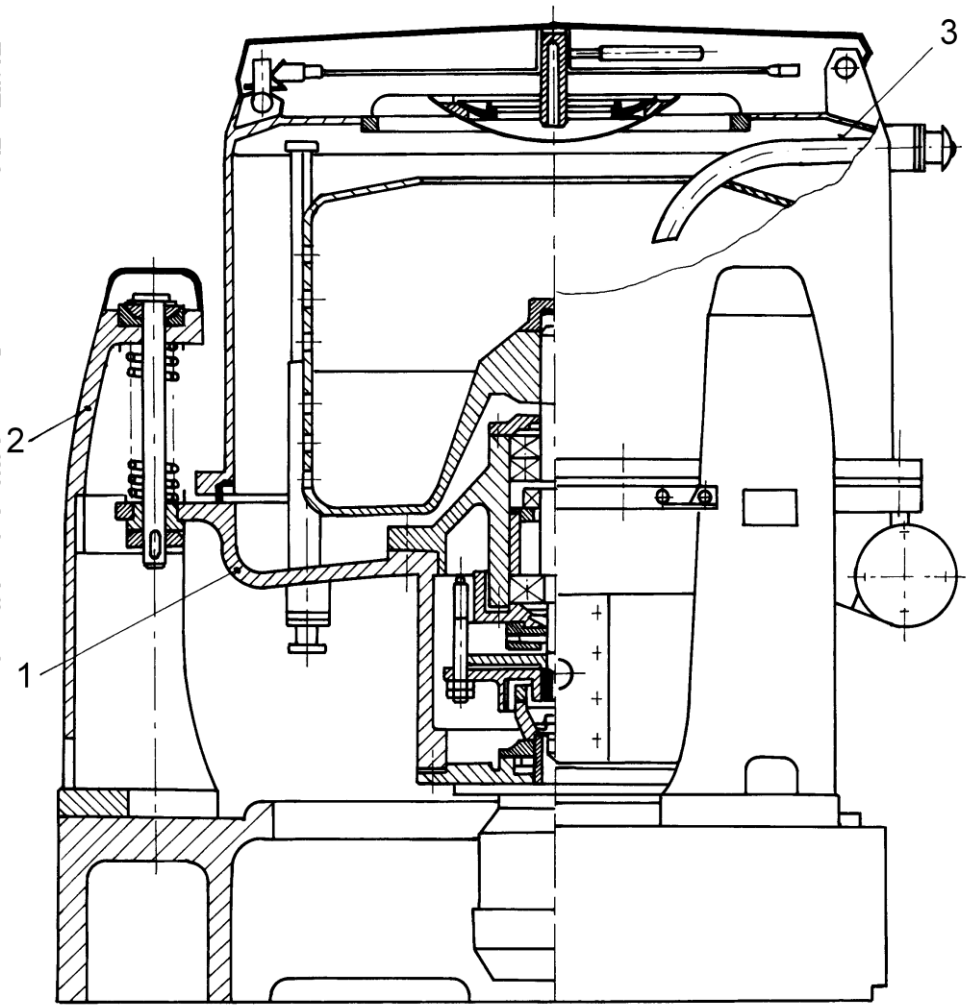



1
2
3
4
5
6
7
8
Поступление суспензии


13
14
15
16
17
18
1
2
3
4
5
6
7
8
12
11
10
9

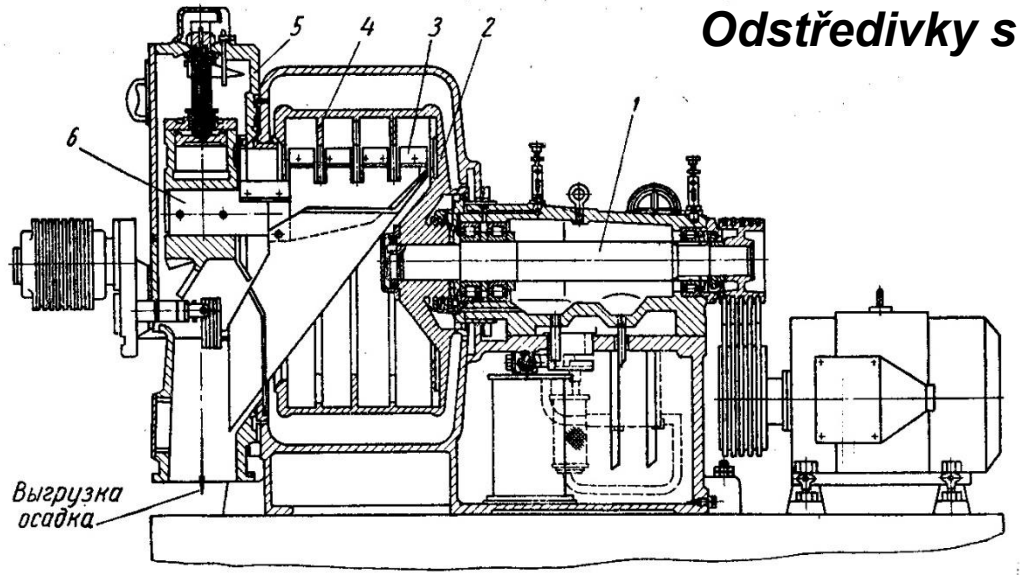
Filtrační odstředivky

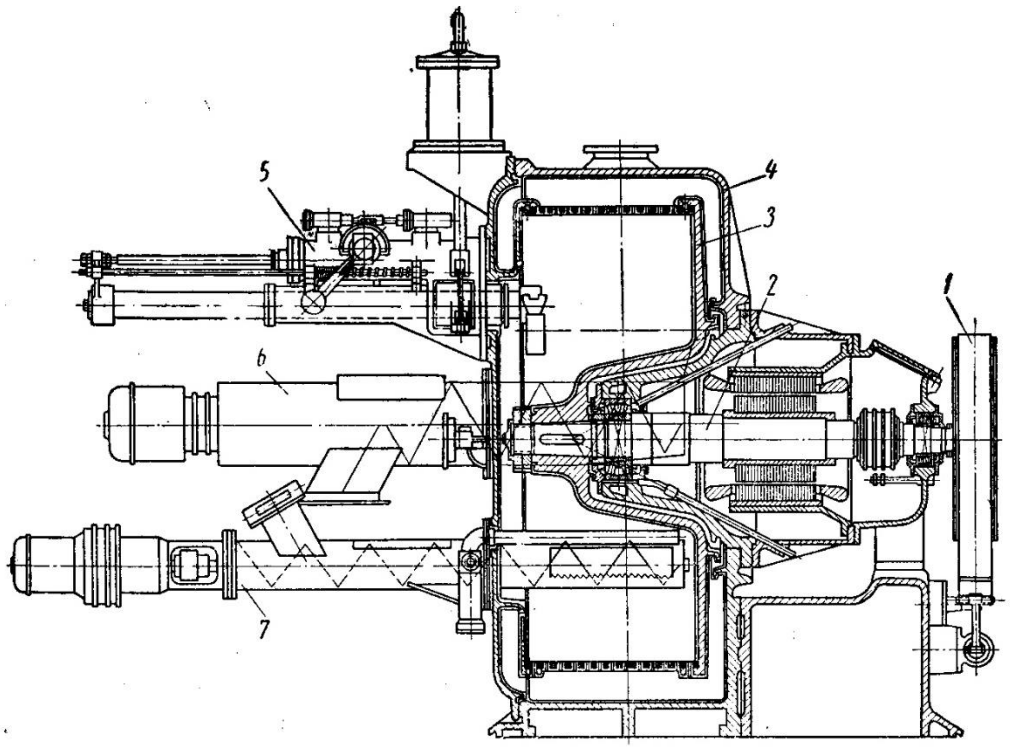
Kloubová filtrační odstředivka s horním vyprazdňováním

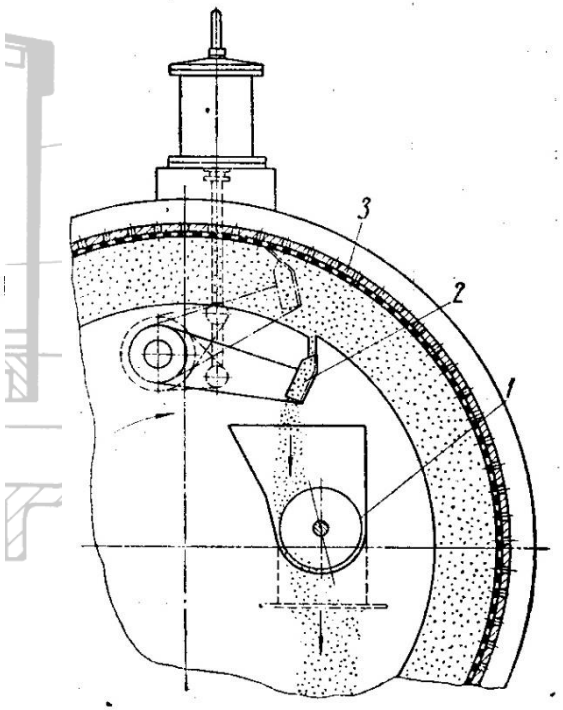


***1** – odstředivka s pohonem, **2** – stojan, 3 – přívod suspenze*

Odstředivky s nožovým vyprazdňováním

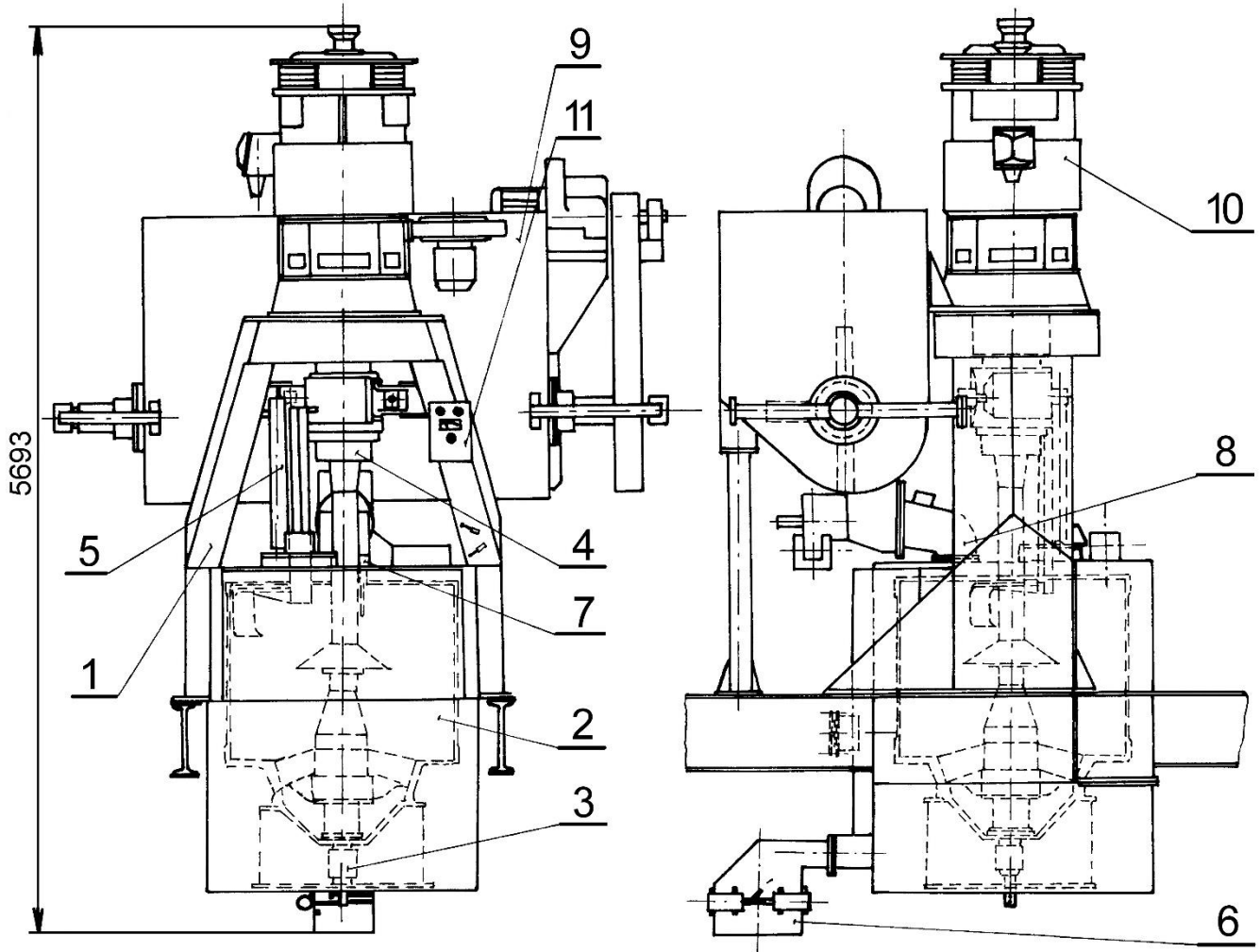






Závěsná filtrační odstředivka s dolním vyprazdňováním

ARO 1500 – ZVU Hradec Králové

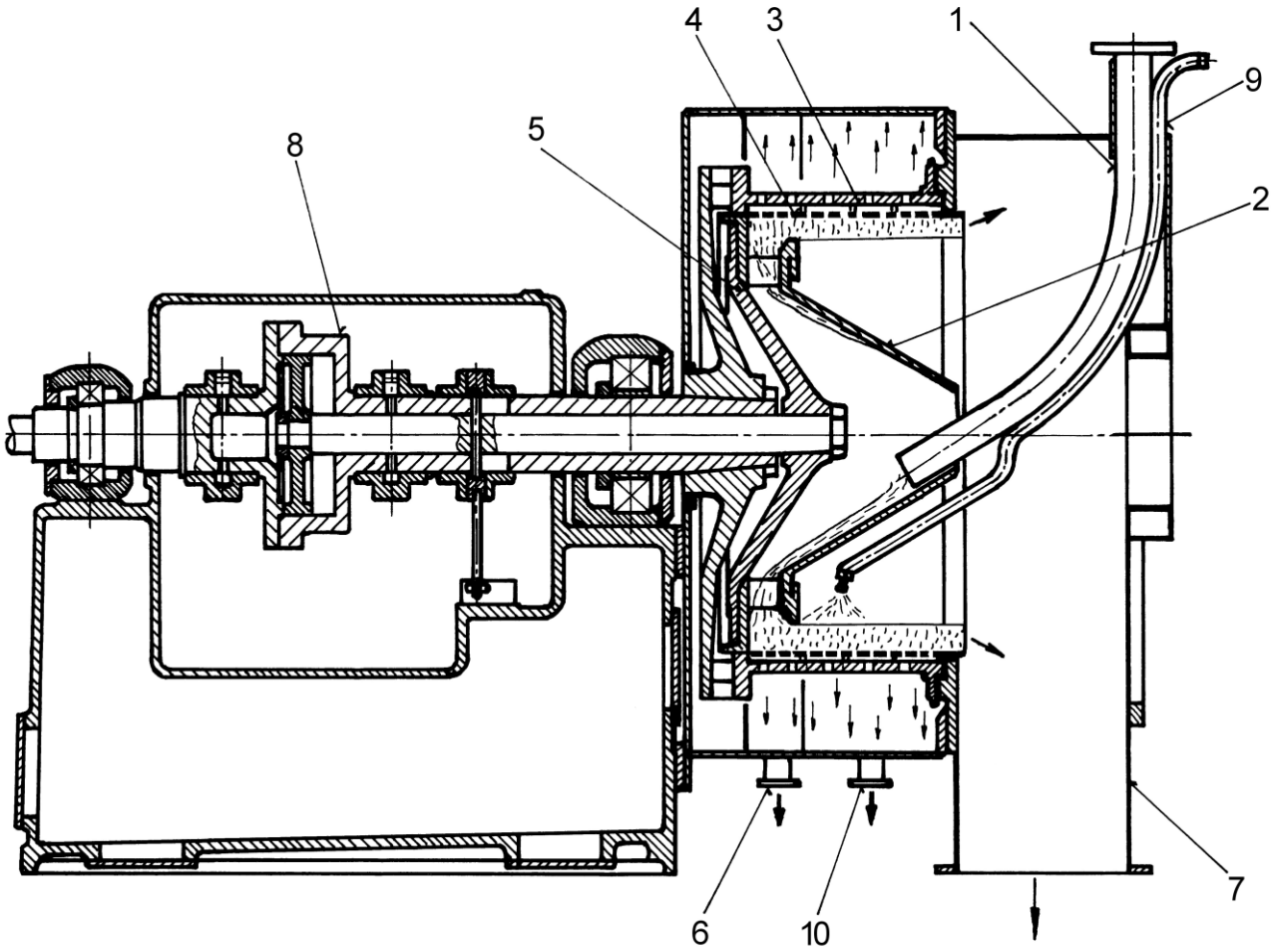


1 *– stojan,*
2 *– buben*
3 *– uzávěr bubnu*
4 *– závěs uložení hřídele bubnu*
5 *– vyhrnovač*
6 *– dělič sirobů*
7 *– čidlo napouštění*
8 *– napouštěcí mechanismus*
9 *– rozdělovací žlab na suspenzi*
10 *– poháněcí stejnosměrný elektromotor*
11 *– ovládací panel*

Pracovní frekvence otáčení je 1200 min^{-1} nebo 1500 min^{-1}, plnící frekvence otáčení $200 \div 300$ min^{-1}, vyhrnovací frekvence otáčení $30 \div 80$ min^{-1}, počet pracovních cyklů se pohybuje od 6 do 24 za hodinu. Maximální výkonnost u typu ***ARO 1500*** s vnitřním průměrem bubnu 1370 mm (s maximální náplní bubnu 1500 kg) je až 790 t cukroviny za den, štítkový výkon poháněcího elekromotoru činí 260 kW. Provoz odstředivky je automaticky programově řízen, při zkoušení cyklu je možné ruční řízení.

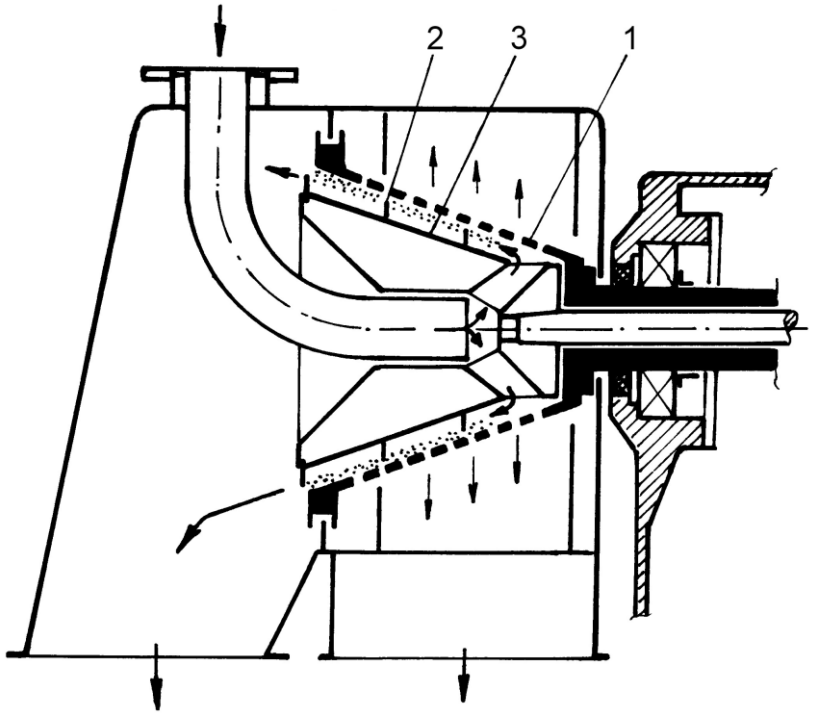
Kontinuální filtrační odstředivky

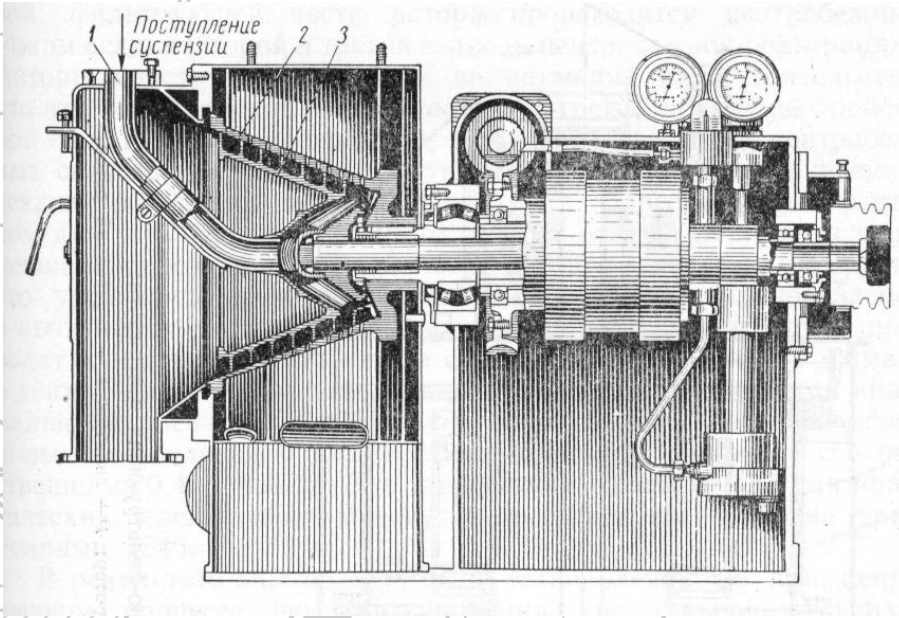
Filtrační odstředivka s pulsačním vyprazdňováním



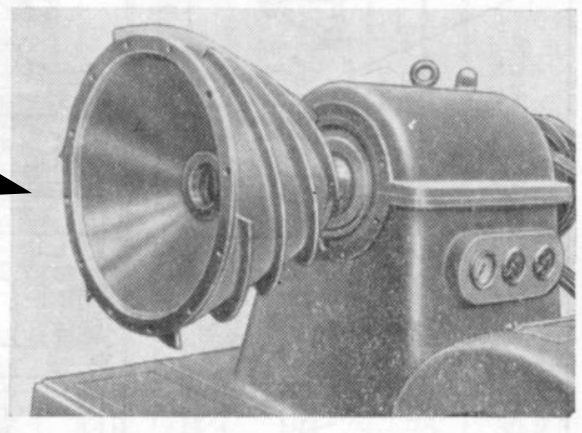
***1** – přívod suspenze, **2** – rozváděcí kužel, **3** – buben odstředivky, **4** – síto, **5** – pulsující píst, **6** – odvod filtrátu, **7** – výsypka, **8** – hydraulický válec, **9** – přívod promývací vody, **10** – výstup promývací vody*

Schéma šnekové filtrační odstředivky

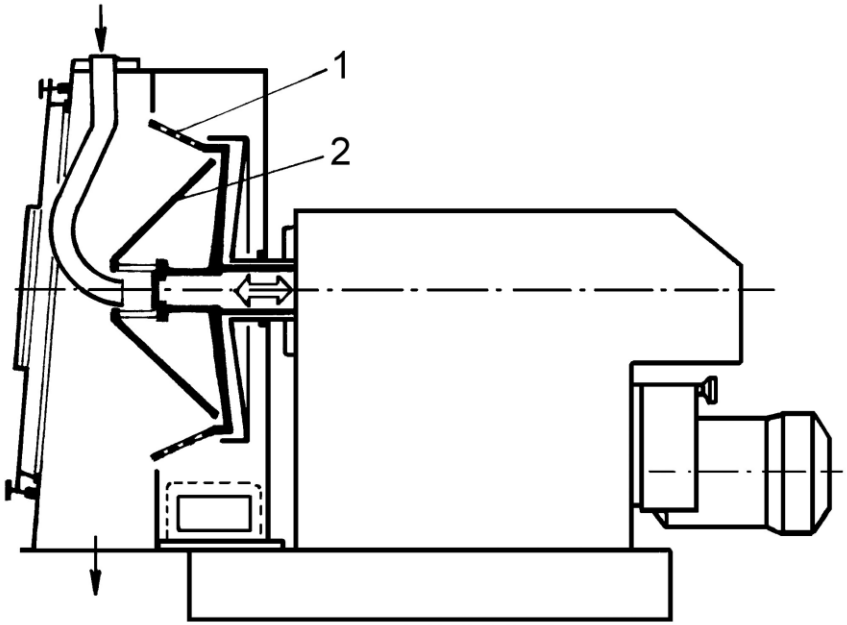




***1** – buben odstředivky, **2** – šroubové nože,*
***3** – vynášecí buben*



Třasadlová filtrační odstředivka



1 *– vibrující buben,* ***2*** *– rozváděcí kužel*

VÍROVÉ ODLUČOVAČE – CYKLÓNY

Vírové odlučovače:
- aerocyklóny (cyklóny)
- hydrocyklóny

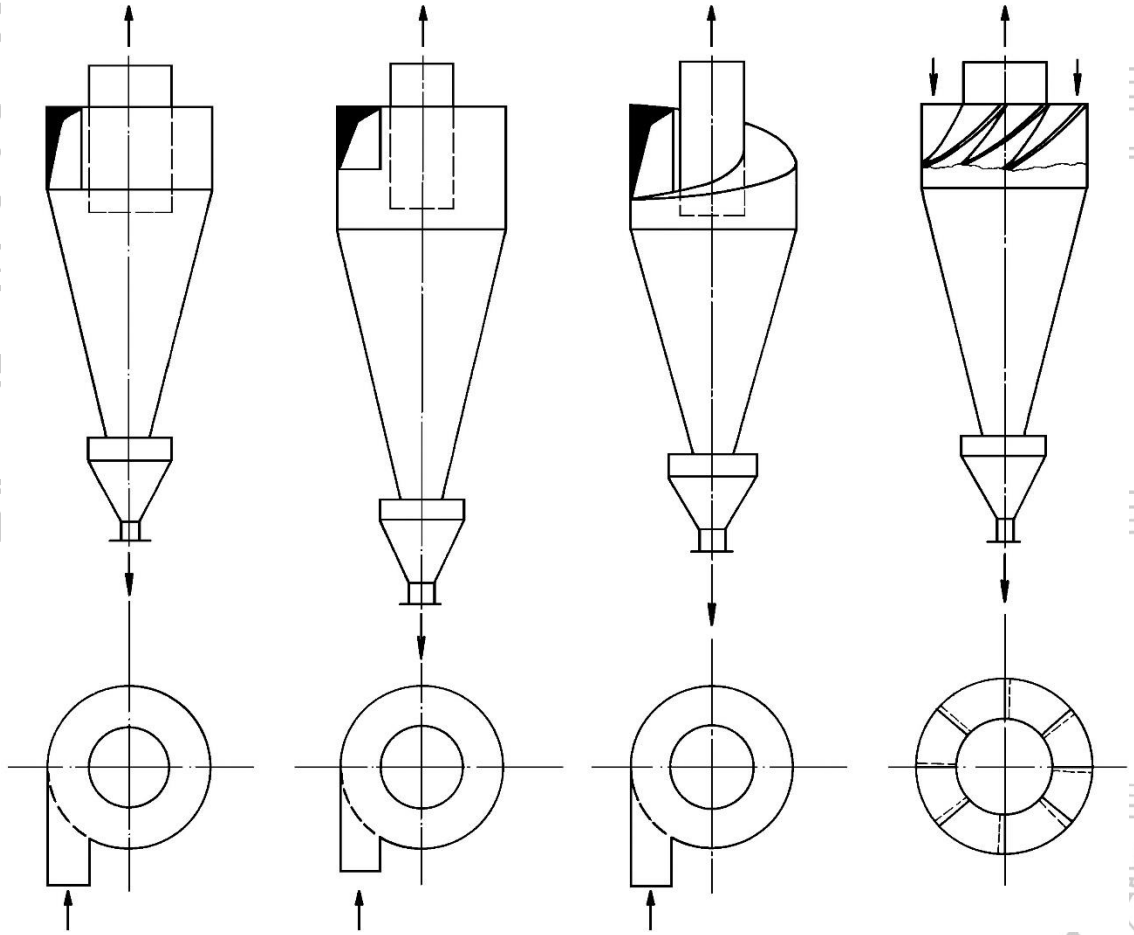
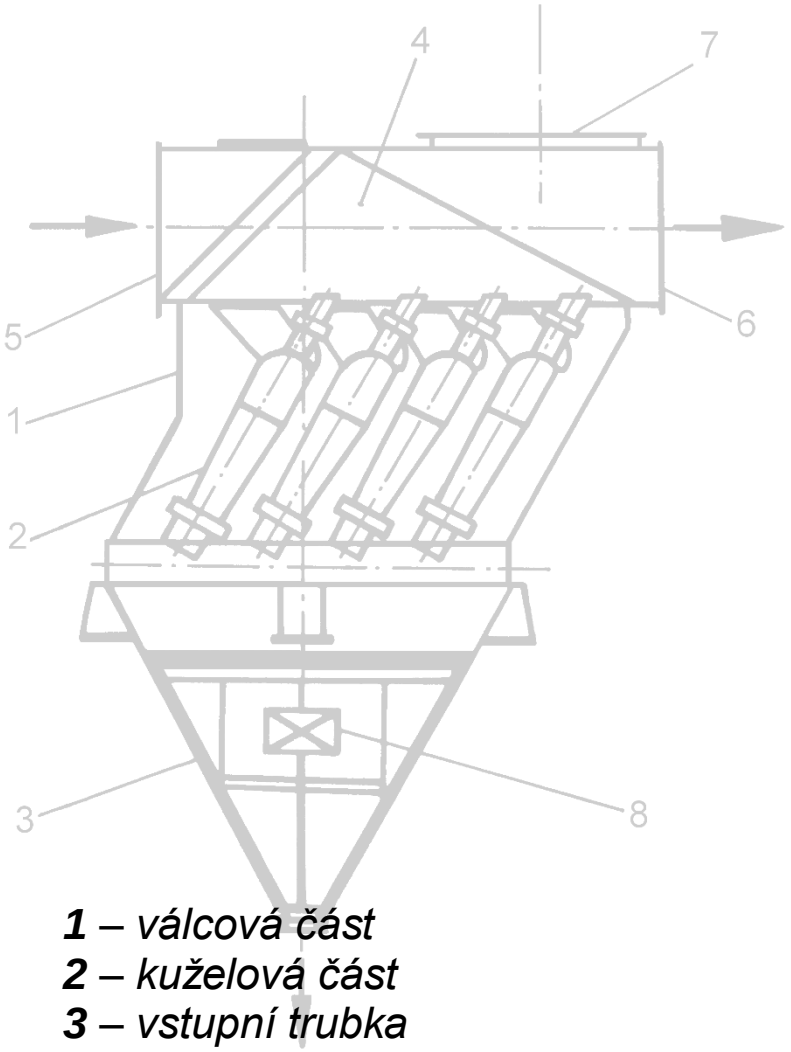
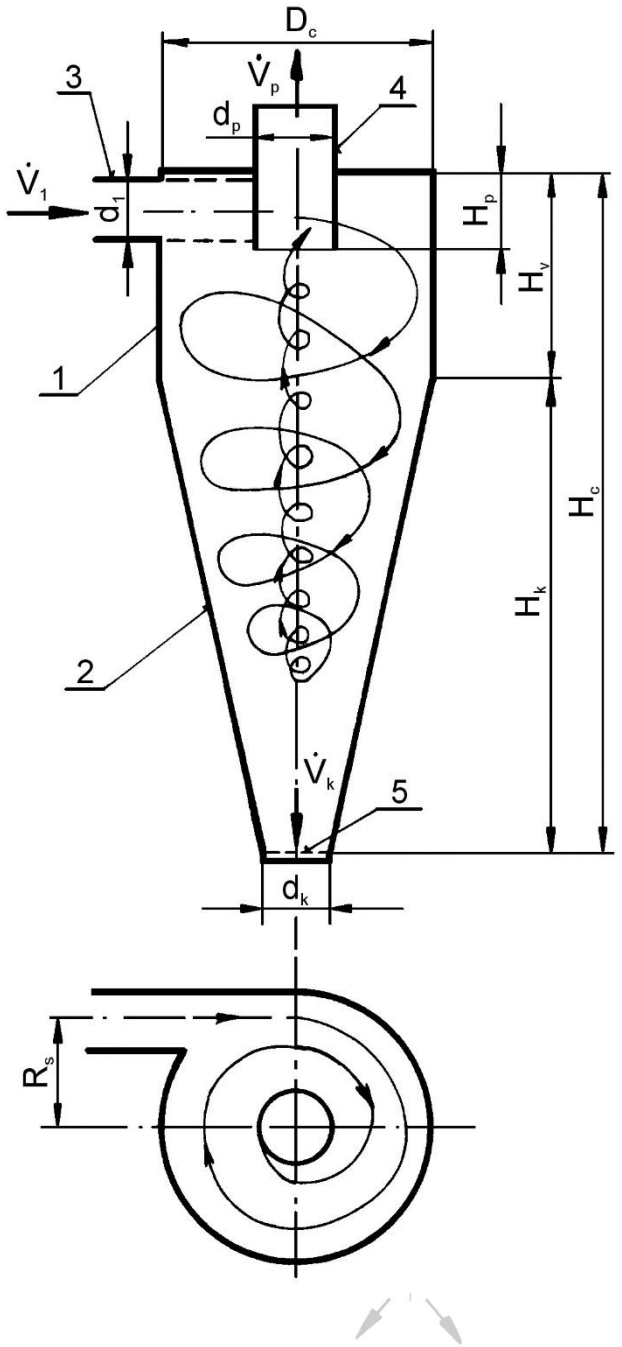


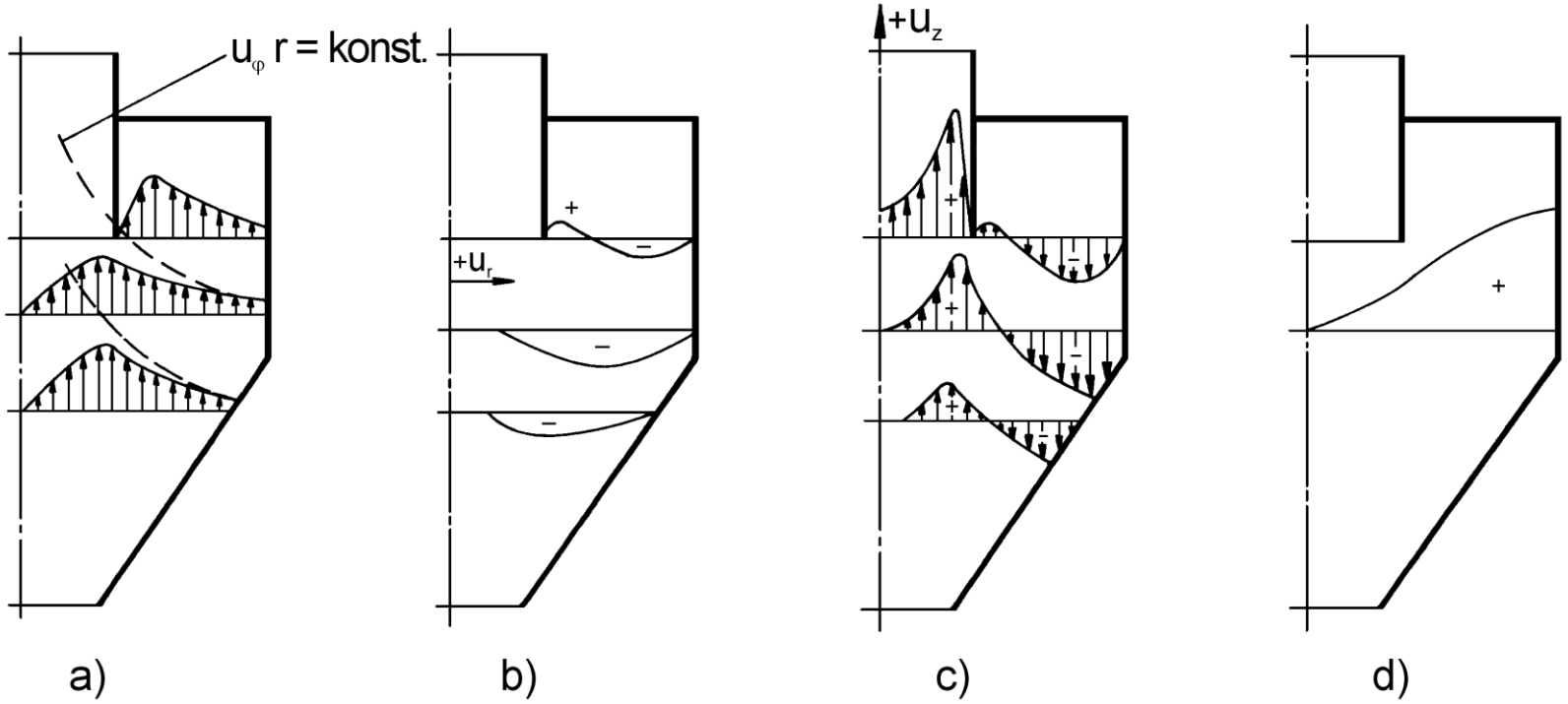
Schéma vírového odlučovače





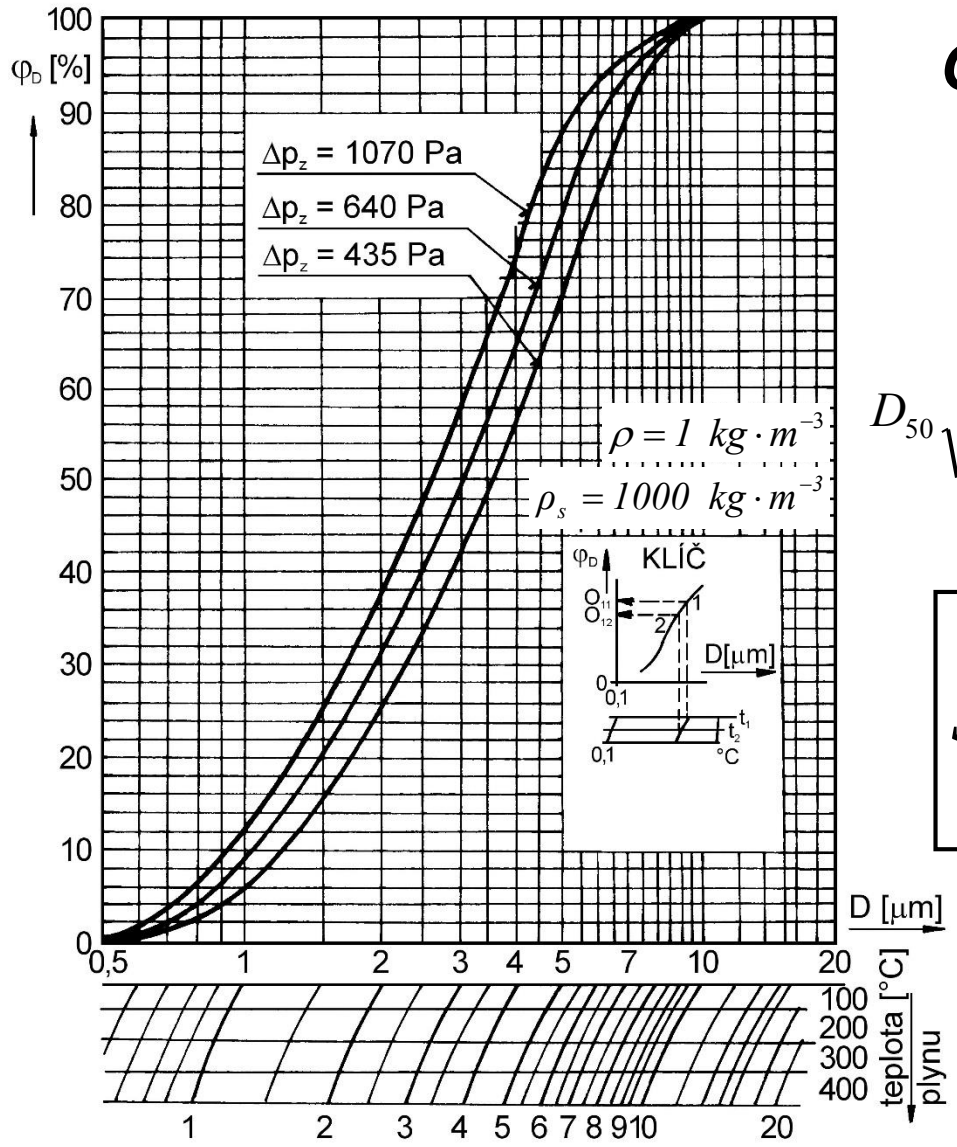
1 *– válcová část*
2 *– kuželová část*
3 *– vstupní trubka*
4 *– přepadová trubka*
5 *– výstup odlučované fáze*

Proudění ve vírových odlučovačích



***a** – průběh tangenciální složky rychlosti, **b** – průběh radiální složky rychlosti, **c** – průběh axiální složky rychlosti, **d** – průběh tlaku*

Provozní parametry cyklónů



Odlučování v cyklónech

Stokesovo kritérium

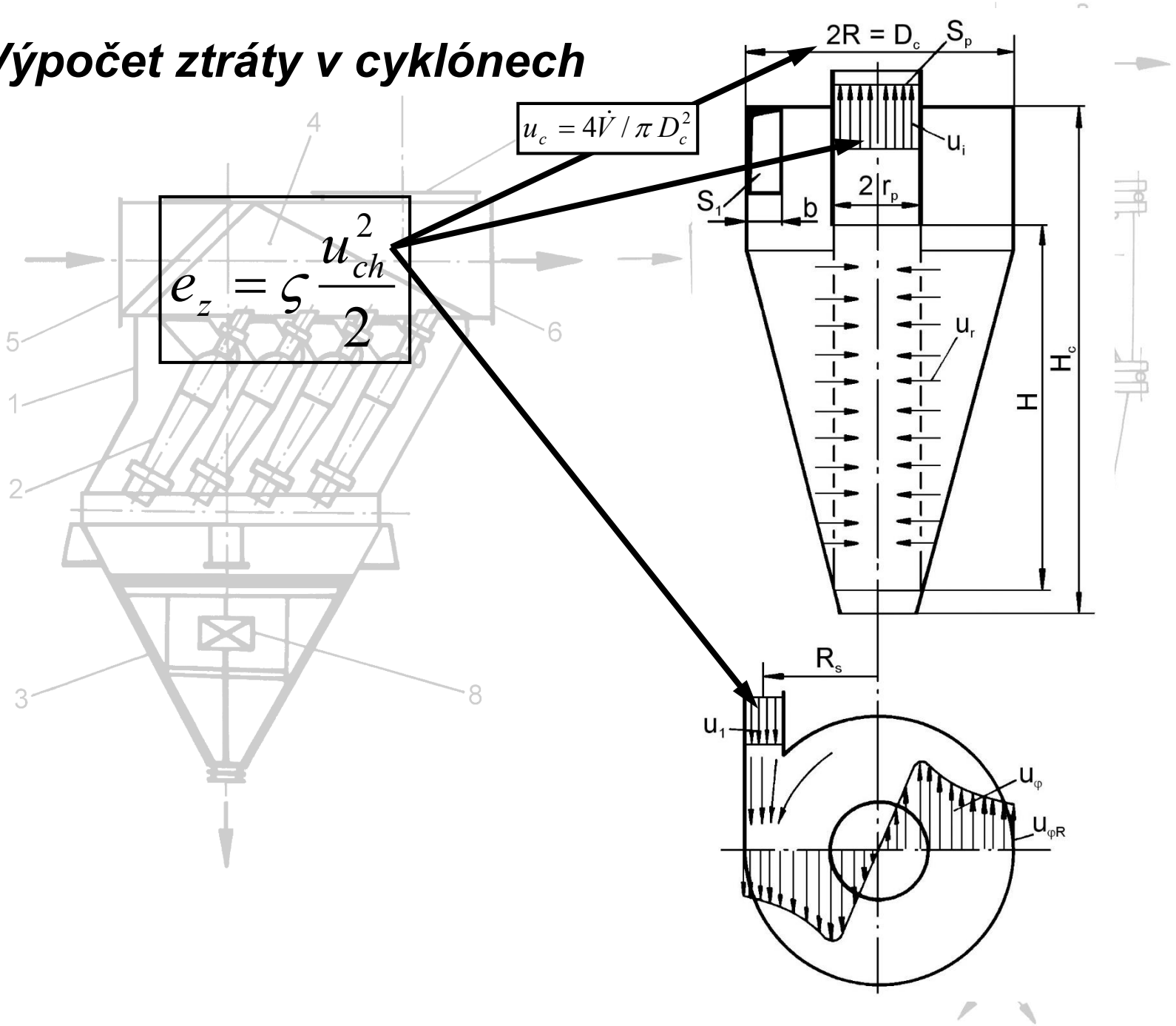
$$D_{50}\sqrt{\frac{(\rho_s-\rho)u_1}{\mu D_c}}=\frac{3}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\frac{S_1}{D_c H_o}}\left(\frac{\alpha D_c}{2R_s}\right)\left(\frac{d_p}{D_c}\right)^n$$

$$Stk = D_{50}\sqrt{\frac{(\rho_s-\rho)u_1}{\mu D_c}}$$

Výpočet ztráty v cyklónech

$$e_z = \zeta \frac{u_{ch}^2}{2}$$

$$u_c = 4\dot{V} / \pi D_c^2$$



Konstrukce a použití cyklónů

Rozměr odloučených částic v geometricky podobných, ale různě velkých cyklónech, které pracují při stejném tlakovém spádu Δp_c ***bude přibližně úměrný*** $\sqrt{D_c}$ **.** V menším cyklónu se tedy odloučí částice s menším kritickým průměrem než při stejné tlakové diferenci ve větším cyklónu.

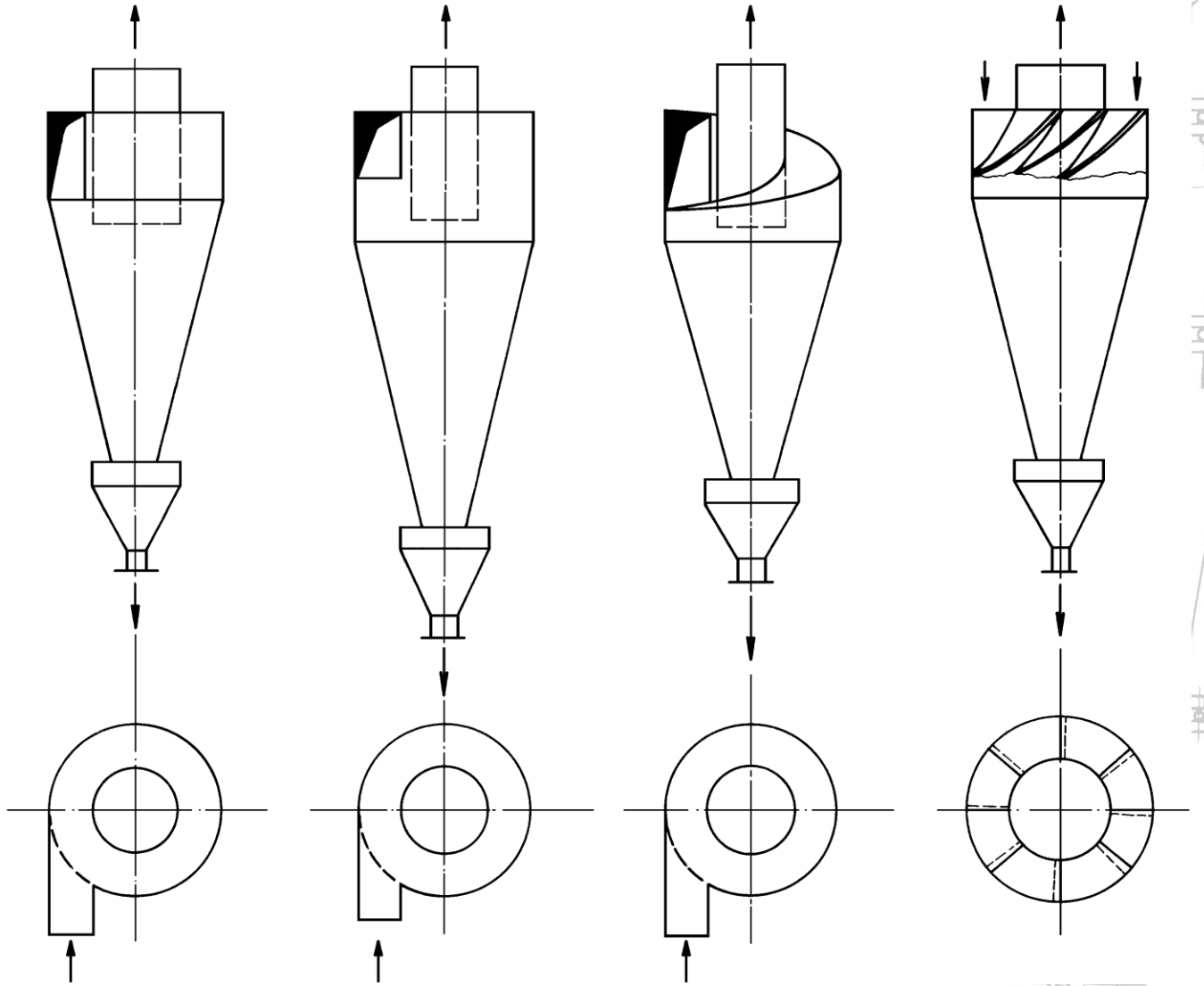
Z hlediska spotřeby energie je pro velké množství tekuté směsi výhodnější zapojit ***paralelně*** větší počet malých cyklónů než volit jeden velký cyklón. V praxi se často vyrábějí a používají konstrukční skupiny cyklónů, které se nazývají ***cyklónové baterie***. Velký počet malých cyklónů spojených v jeden konstrukční celek se nazývá ***multicyklón***.

Pro ***zvětšení odlučivosti*** se též někdy cyklóny zapojují ***sériově***, takže je čištění vícestupňové. V prvém stupni bývá zpravidla paralelně zapojen menší počet větších cyklónů a ve druhém stupni odlučování zase větší počet menších cyklónů. Jsou však případy, kdy z důvodů standardizace jsou v obou stupních cyklóny stejného typu.

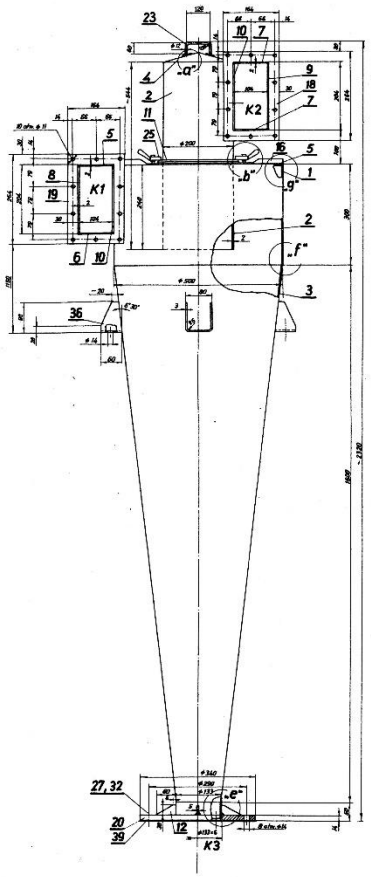
Hlavní výhody cyklónů:

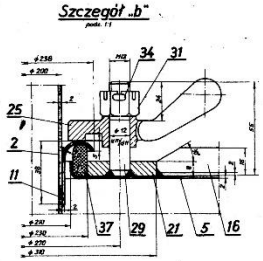
- nemají žádné pohyblivé části
- fungují spolehlivě do teplot až 500 °C bez podstatných konstrukčních změn
- mají-li speciálně upravený vnitřní povrch (např. pokrytý vrstvou pryže nebo plastu), je možné je použít i k odlučování abrazivních materiálů
- zachycovaný prach je v suchém stavu
- mohou pracovat i při vysokých tlacích
- jejich výroba je jednoduchá
- jejich odlučivost je málo závislá na koncentraci částic

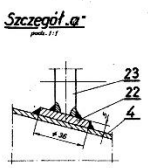
Hlavní typy aerocyklónů

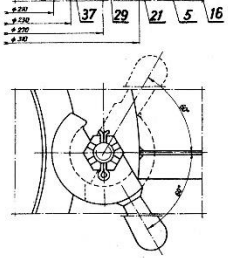


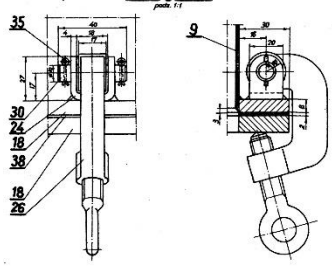
***a** – kuželový, **b** – válcový, **c** – válcový se šroubovým vstupem,*
***d** – s axiálním vstupem*

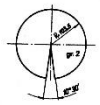












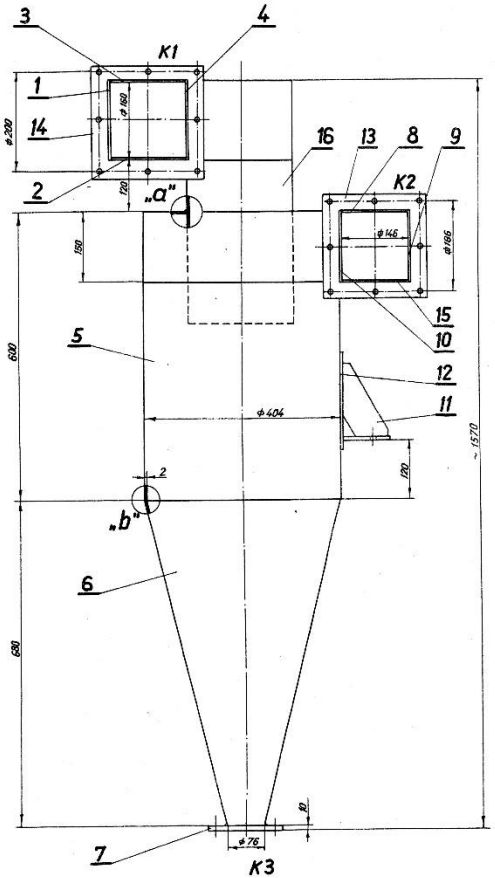
Wykaz króćców			
Nr	$D_{nom.}$	Przeznaczenie	Uwagi
K1	220×208	Wlot powietrza + proszku	
K2	134×306	Wylot powietrza	
K3	115	Spust pyłu	

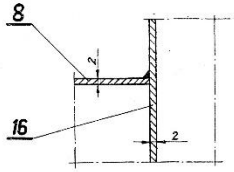
Masa części ze stali 1H18N9T ~ 56 kg
Masa części ze stali 1H17N4G6 ~ 16 kg
Masa całkowita ~ 82 kg

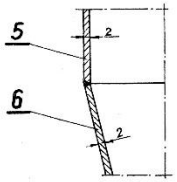
Poz.	Wyszczególnienie	Ilość	Materiał	Nr normy lub rysunku	Uwagi
40	Malowanie pow. zew. ~ 0,5 m²				
39	Uszczelka ϕ 340/204 × 3	1	GS		
38	Uszczelka 264 × 164, b=30 e=3	2	GS		
37	Taśma włosowa 8×16 l=750	1			
36	Łapa gr. 3	4	1H18N9T		
35	Zawleczka 2,5 × 14	20	St 3(2c)	PN/H-82001	
34	Zawleczka 3,2 × 28	6	St 3(2c)	PN/H-82001	
33	Nakrętka M10	10	St 3(2c)	PN/H-82144	
32	Nakrętka M12	8	St 3(2c)	PN/H-82144	
31	Nakrętka kwadratowa A M12	6	St 3(2c)	PN/H-82148	
30	Swarzeń gładki M10 × 40	6	St 5	PN/H-93001	
29	Swarzeń gwintowany M12	6	St 3S		
28	Śruba M10 × 40	10	St 3(2a)	PN/H-82109	
27	Śruba M12 × 50	8	St 3(2c)	PN/H-82109	
26	Śruba odrzucona M12	10	St 3S		
25	Zamek dwójnawy	6	St 3S		
24	Strzemię gr. 4	10	St 3S		
23	Uchwyt ϕ 12 l= 270	1	St 3S		
22	Krążek ϕ 36 gr. 5	2	1H18N9T		
21	Kołnierz ϕ 330/230 × 8	1	St 3S		
20	Kołnierz ϕ 348/133 × 14	1	1H17N4G6		
19	Kołnierz 264 × 164 × 8	1	1H17N4G6		
18	Kołnierz 264 × 164 × 8	1	1H17N4G6		
17	Rura typ W ϕ 133 × 3 l=60	1	1H18N9T	PN/H-74209	
16	Nałownik zgin. 18×18×2 l=85	3	1H18N9T		
15	Kątownik zgn. 16×16×2 l=126	1	1H18N9T		
14	Kątownik zgn. 16×16×2 l=170	1	1H18N9T		
13	Kątownik zgn. 16×16×2 l=286	1	1H18N9T		
12	Taśma gr. 5	4	1H18N9T		
11	Wyrównięcie ϕ 218/200 × 2	1	1H18N9T		
10	Blacha wewn. 220 × 200 × 2	2	1H18N9T		
9	Blacha zewn. 360 × 200 × 2	1	1H18N9T		
8	Blacha zewn. 420 × 280 × 2	1	1H18N9T		
7	Sierć matty gr. 3	2	1H18N9T		
6	Sierp owy gr. 2	1	1H18N9T		
5	Pokrywa gr. 5	1	1H18N9T		
4	Stożek ϕ 220 gr. 2	1	1H18N9T		
3	Stożek ϕ 500 × 2 h= 1600	1	1H18N9T		
2	Część walcowa ϕ 280 × 2	1	1H18N9T		
1	Część walcowa ϕ 500 × 2	1	1H18N9T		

Opracowano pod kierunkiem Prof. dr inż. T. PAKOWA
Politechnika Śląska
Katedra Aparatury Chemicznej

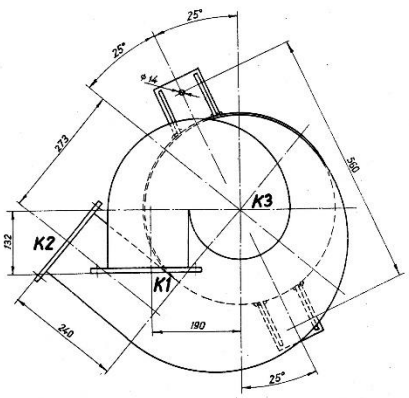
Podziałka 1:5 1:1 — Cyklon — Nr rysunku 7.6







Wykaz króćców			
Nr	$D_{nom.}$	Przeznaczenie	Uwagi
K1	160×160	Wylot powietrza	
K2	146×146	Wlot powietrza	
K3	75	Spust pyłu	



Masa całkowita ~ 42 kg

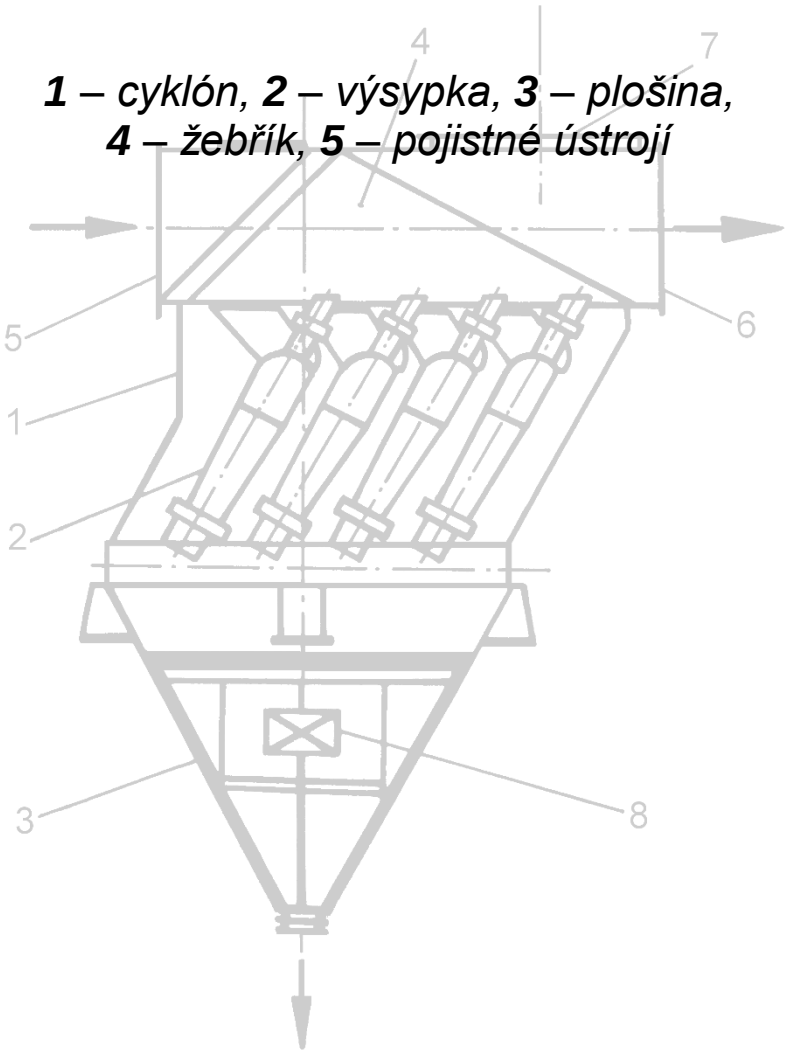
Poz.	Wyszczególnienie	Ilość	Materiał	Nr normy lub rysunku	Uwagi
16	Blacha 695×340×2	1	0H17N4G6		
15	Blacha 546×513×2	1	0H17N4G6		
14	Kołnierz ϕ 234/164×10	1	0H17N4G6		
13	Kołnierz ϕ 220/150×10	1	0H17N4G6		
12	Blacha wzmacniająca 100×2	2	St 2S		
11	Łapa wspornikowa 100×2	2	St 2S		
10	Blacha 240×150×2	1	0H17N4G6		
9	Blacha 1728×150×2	1	0H17N4G6		
8	Blacha 546×513×2	1	0H17N4G6		
7	Kołnierz ϕ 156/76×10	1	0H17N4G6		
6	Stożek 1144×737×2	1	0H17N4G6		
5	Blacha 1256×600×2	1	0H17N4G6		
4	Blacha 164×132×2	1	0H17N4G6		
3	Blacha 380×322×2	1	0H17N4G6		
2	Blacha 380×322×2	1	0H17N4G6		
1	Blacha 1075×164×2	1	0H17N4G6		

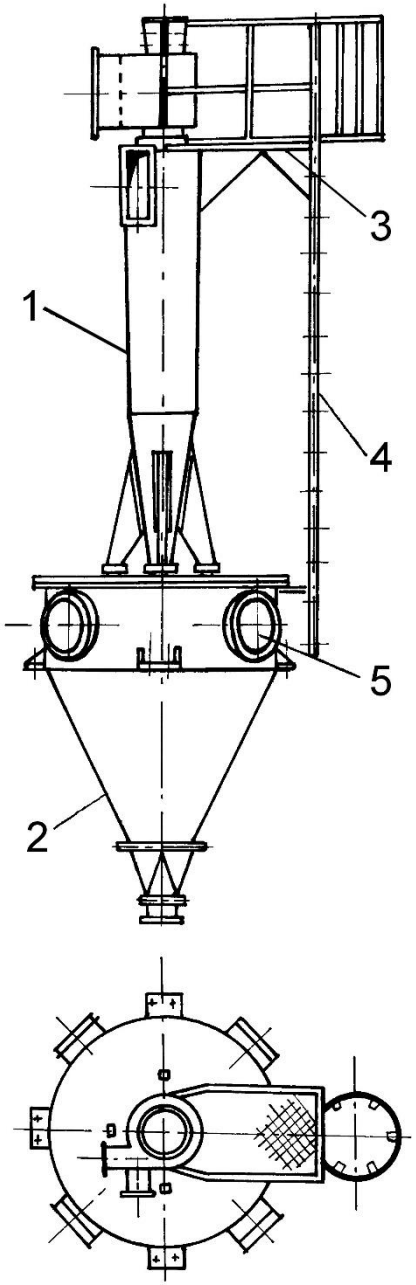
Opracowano pod kierunkiem Prof. dr inż. T. PAKOWA
Politechnika Śląska
Katedra Aparatury Chemicznej

Podziałka 1:5 1:1 — Cyklon — Nr rysunku 7.7

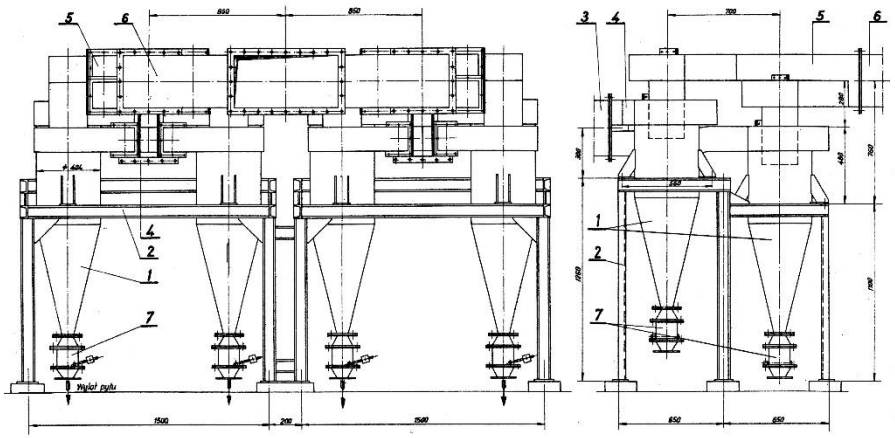
Celkové uspořádání cyklónu SVD 1

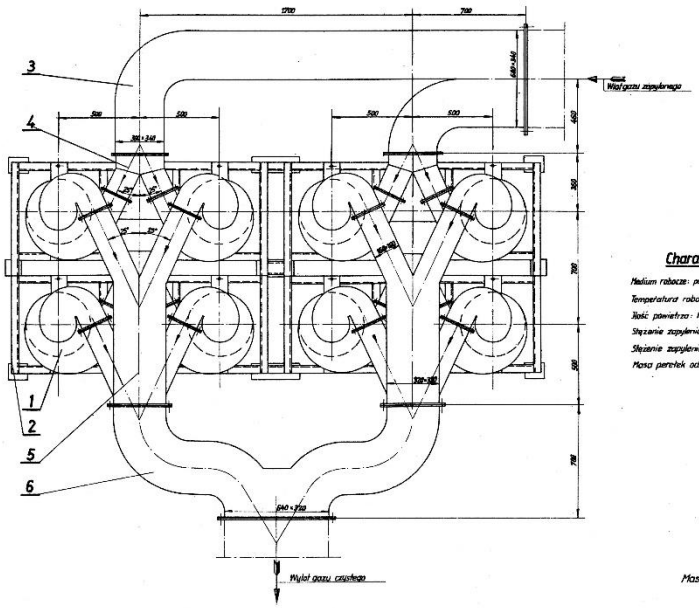
***1** – cyklón, **2** – výsypka, **3** – plošina,*
***4** – žebřík, **5** – pojistné ústrojí*





Cyklónová baterie





Charakterystyka baterii:

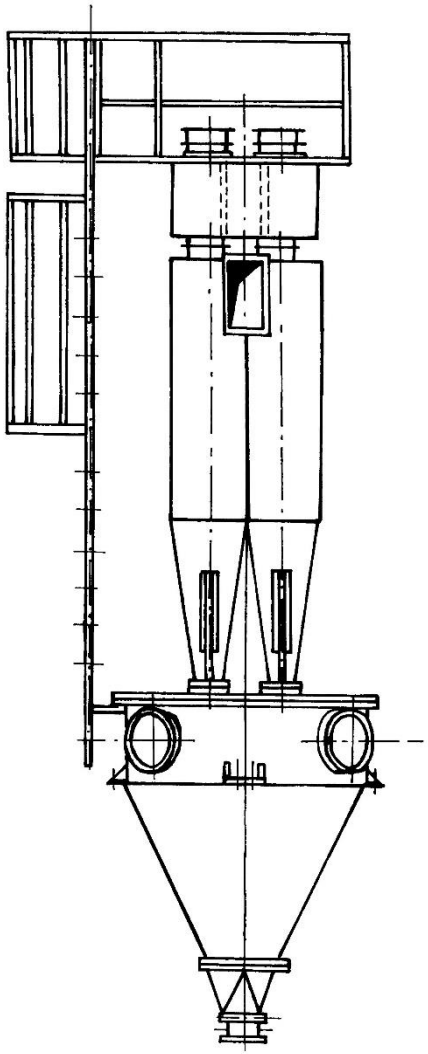
Medium robocze: powietrze z perełkami polimetakrylanu metylu
Temperatura robocza maks.: 40°C
Ilość powietrza: 10000 m³/h
Stężenie zapylenia w powietrzu: 20 g/m³
Stężenie zapylenia na wylocie: 0.8 g/m³
Masa perełek odzyskanych: 150 kg/h

Masa całej baterii ~ 480 kg

Poz.	Wyszczególnienie	Ilość	Materiał	Nr normy lub rysunku	Uwagi
7	Przepustnica	8	Rdany		
6	Kanał wylotowy	1	gt3SX		
5	Kanał zbiorczy	2	gt3SX		
4	Kanał rozdzielczy	2	gt3SX		
3	Kanał wlotowy	1	gt3SX		
2	Konstrukcja	1	gt3SX		
1	Cyklon	8	Rdany	7.2	

Opracowano pod kierunkiem Prof. dr inż. J. Nowaka
Politechnika Śląska
Katedra Aparatury Chemicznej

Rodzaj: Bateria cyklonów
Nr rysunku: 7.3
1:10



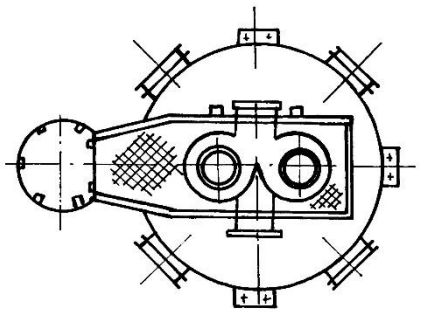
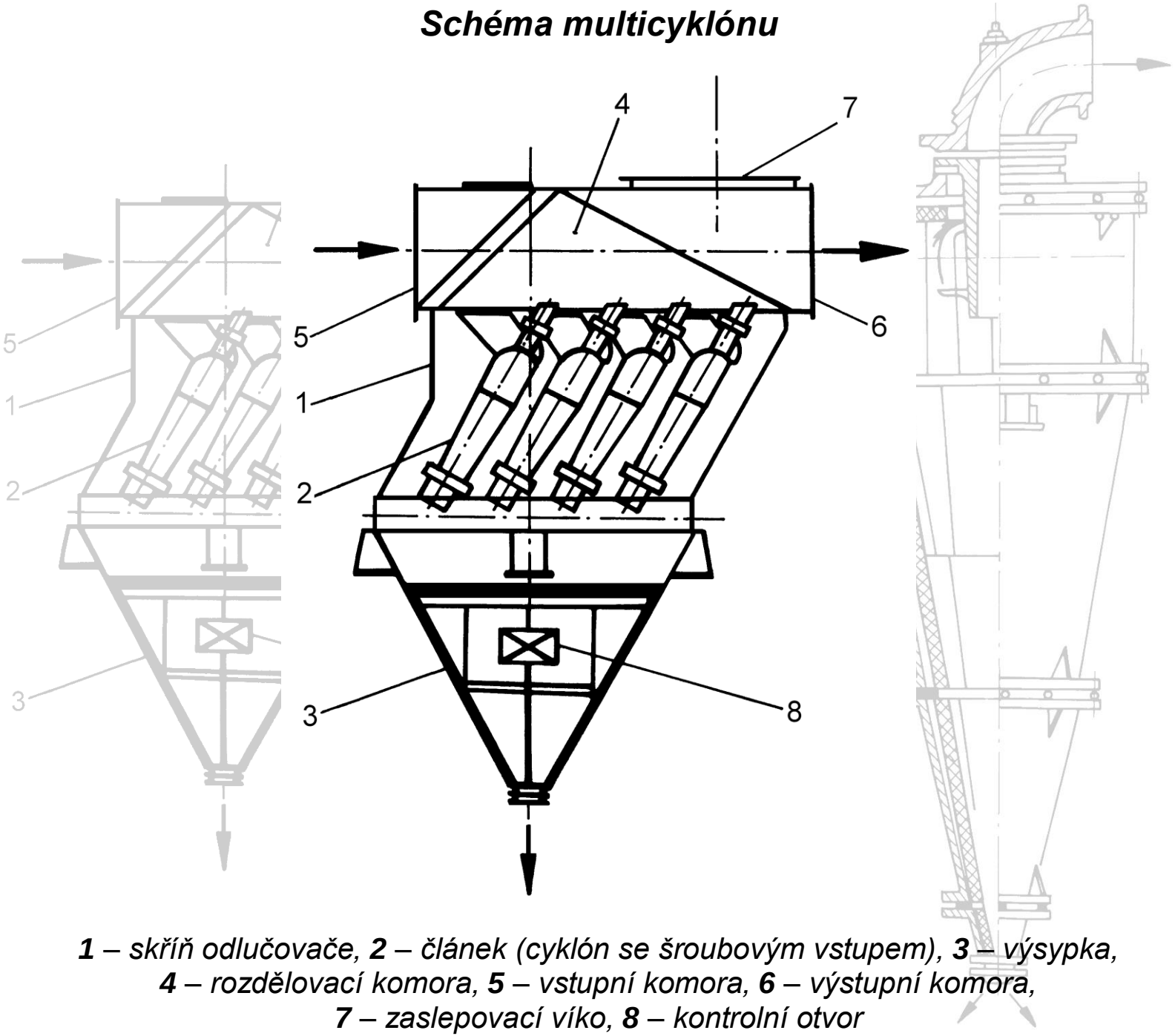
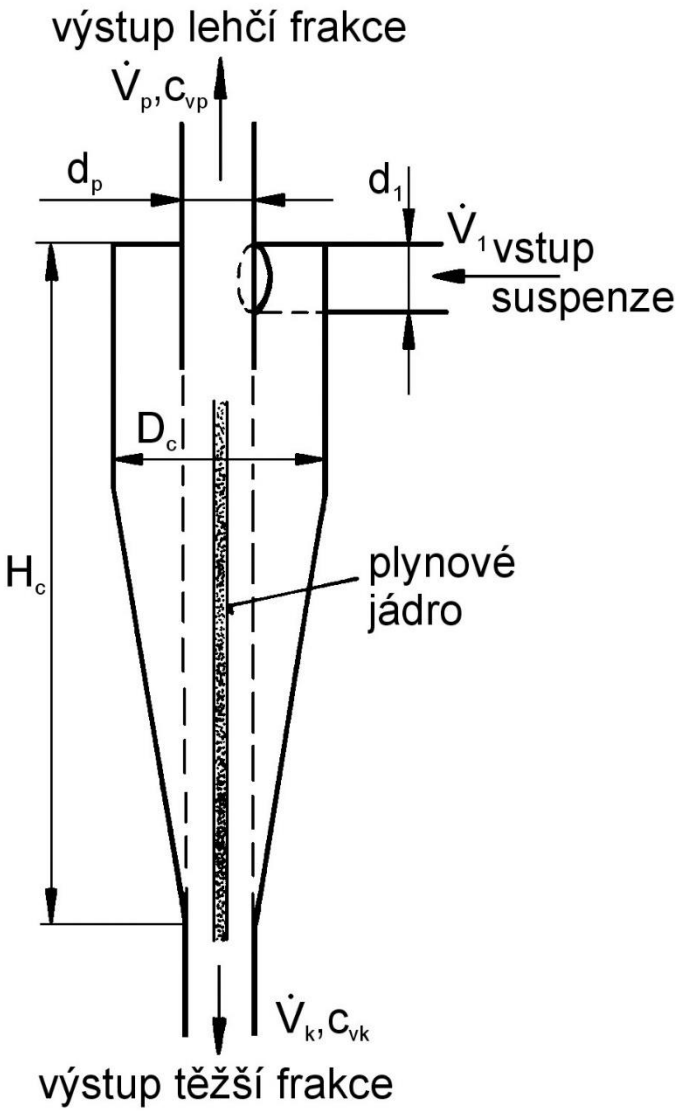


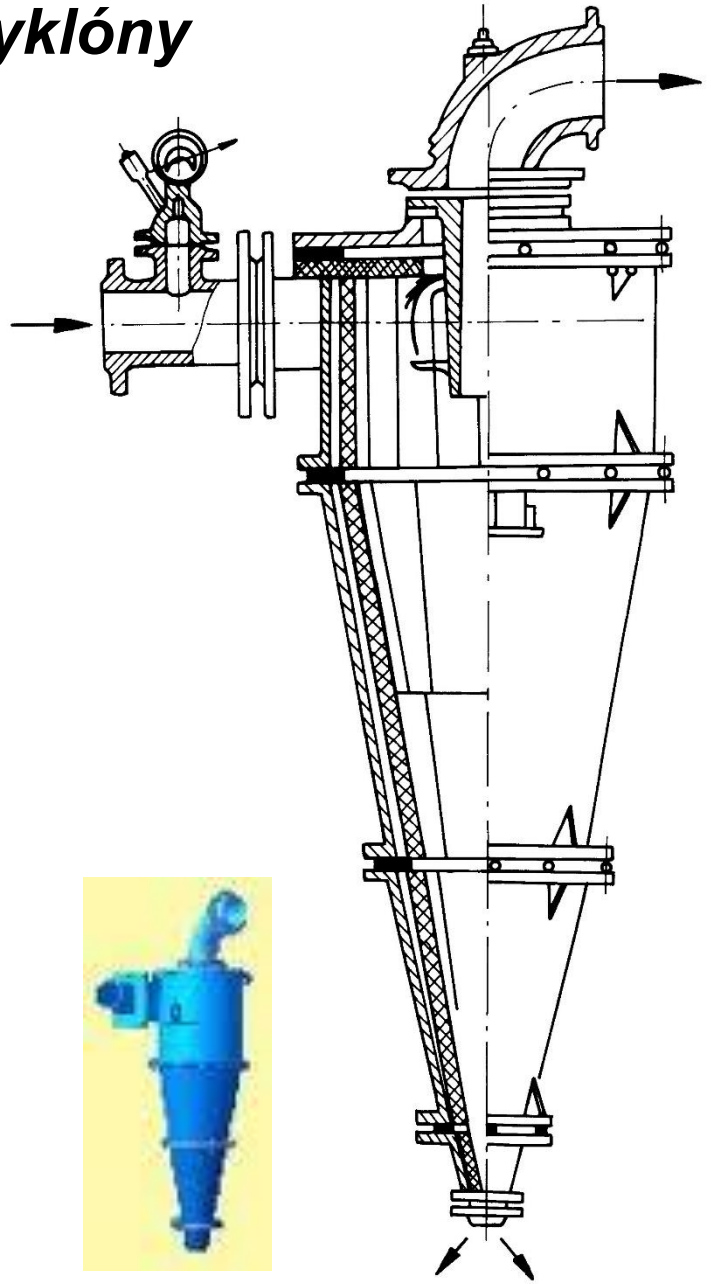
Schéma multicyklónu



***1** – skříň odlučovače, **2** – článek (cyklón se šroubovým vstupem), **3** – výsypka,*
***4** – rozdělovací komora, **5** – vstupní komora, **6** – výstupní komora,*
***7** – zaslepovací víko, **8** – kontrolní otvor*

Hydrocyklóny





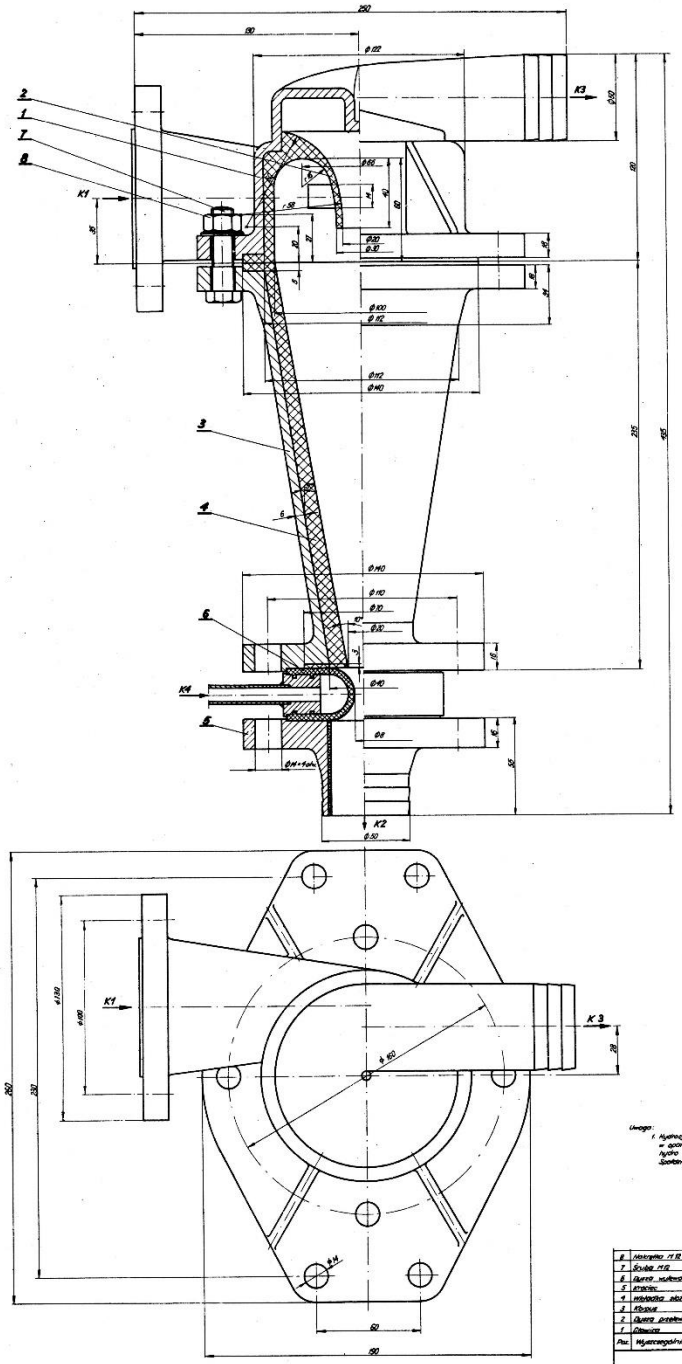


Tabela kroćców			
Aktualne kroćce	Nr nowego	Przeznaczenie	Uwagi
K1	40	Dopływ nadawy	
K2	36	Dopływ zatomu	
K3	40	Dopływ przelewu	
K4	8	Dopływ powietrza reg.	

Uwaga:
1. Hydrocyklon HC-ø100 zaprojektowano w oparciu o katalog Informator hydro - i multihydrocyklonów Spółdzielni Inwalidów „Dobrobyt" - Zabrze

$\sum$ Masy ≡ 7kg

Poz.	Wyszczególnienie	Ilość	Materiał	Nr normy lub rysunku	Uwagi
8	Nakrętka M12	8	St4		
7	Śruba M12 L=110 mm	8	St3		
6	Gurza wulkanowa	1	Guma	Rys....	
5	Kreciec	1	St3		
4	Wkładka złota	1	Guma		
3	Kosze	1	AK11		
2	Gurza przelewowa	1	Guma		
1	Dewiza	1	AK11	Rys....	

Opracowano pod kierunkiem Prof. dr inż. J. PAKOWA
Politechnika Śląska
Katedra Aparatury Chemicznej

Podziałka		Nr rysunku
1:1	HYDROCYKLON HC - ø100	5.12