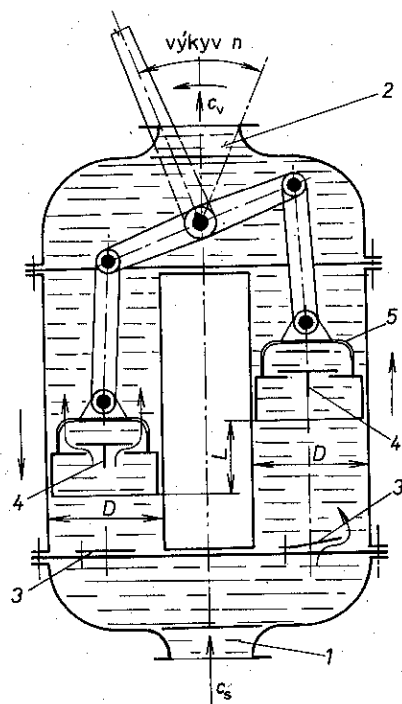


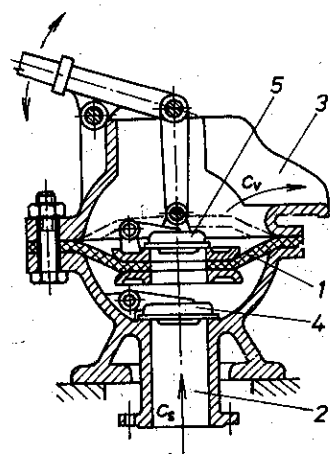
menší rozměry než čerpadlo jednočinné. Je jednodušší než dvojčinné čerpadlo (menší počet ventilů, sací a výtlačný), přesto se mu vyrovná stejnoměrností dodávané kapaliny. Objemový průtok je stejný jako u jednočinného čerpadla.

Čerpadlo zdvižné (obr. 49) má výtlačný ventil v pístu. Nasátá kapalina se přetlačuje z prostoru pod pístem nad píst. Při dalším sacím zdvihu se kapalina pístem zdvihá k výtlačnému hrdlu. Objemový průtok je stejný jako u jednočinného čerpadla.

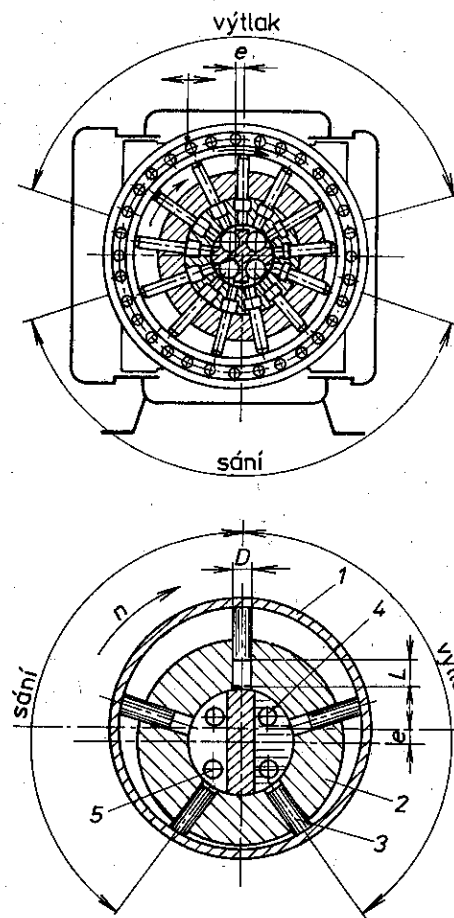


Obr. 49. Zdvížené čerpadlo  
1 – sací hrdlo, 2 – výtlačné hrdlo, 3 – sací ventil,  
4 – výtlačný ventil, 5 – píst

Čerpadlo membránové (obr. 50) je vhodné pro čerpání znečištěných kapalin, např. odčerpání vody vniklé do výkopu základů apod. Pístem je pryžová membrána, která je ruční pákou; táhlem a třmenem prohýbána střídavě vzhůru a dolů. Sací ventil je u sacího hrdla, výtlačný ventil je v membráně. Při zdvihání membrány se kapalina nasává do prostoru mezi sací ventil a membránu a při jejím klesání se vytlačuje nad membránu a odtud k výtlačnému hrdlu. Kapalina se nevytlačuje do



Obr. 50. Membránové čerpadlo  
1 – membrána, 2 – sací hrdlo, 3 – výtokový  
žlab, 4 – sací ventil, 5 – výtlačný ventil



Obr. 51. Radiální pístové čerpadlo  
1 – stator, 2 – rotor, 3 – písty,  
4 – výtlačný otvor, 5 – sání

potrubí, ale vylévá se do otevřeného koryta a dále odtéká samospádem. Membránová čerpadla se také stavějí jako tlačná, např. pro vtlačování řídké cementové kaše do vrtů. Jednoduché membránové čerpadlo se používá např. jako palivové čerpadlo u spalovacích motorů. Kromě uvedených pístových čerpadel jsou ještě jiná hydrostatická čerpadla.

Ve skupině čerpadel s kmitavým pohybem (pístových) jsou to čerpadla radiální a axiální.

Ve skupině čerpadel rotačních jsou to zubová, vřetenová a lamelová čerpadla.

Radiální pístová čerpadla (obr. 51) jsou vhodná pro tlaky až do 36 MPa pro výkony od 0,5 kW do 500 kW a mají přítomné malé rozměry. Jejich výhodou je jedno-

duchá regulovatelnost průtoku, od nuly do maxima, při poměrně dobré účinnosti. Objemový průtok je závislý na zdvihu  $L$ , průměru pístů  $D$ , na počtu pístů  $z$  a na otáčkách  $n$ :

$$Q_V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot z \cdot n \cdot \eta_V \quad (\text{m}^3/\text{s}),$$

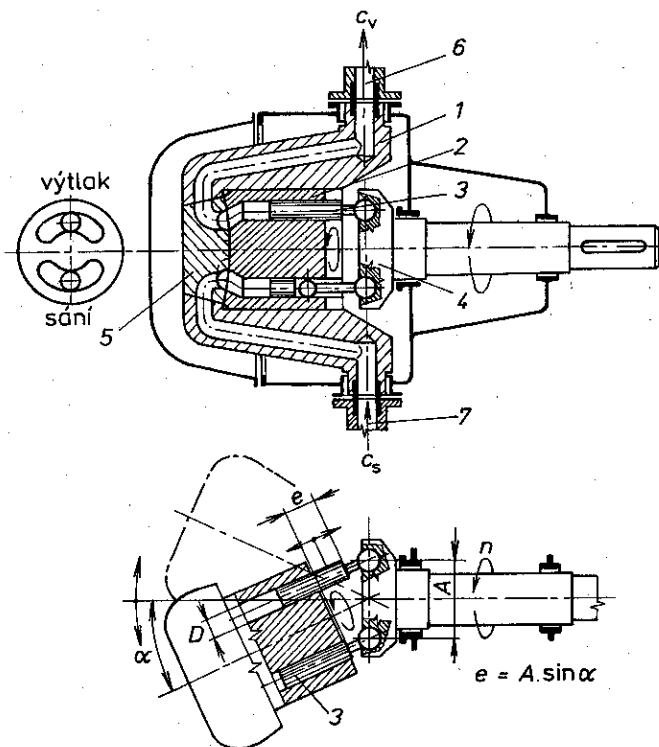
$$L = 2e, \quad \eta_V = 0,9.$$

Příkon čerpadla

$$P = \frac{Q_V \cdot p}{60 \cdot 102 \cdot \eta_c} \quad (\text{kW}),$$

kde  $p$  je tlak oleje (MPa),

$\eta_c$  – celková účinnost,  $\eta_c = \eta_V \cdot \eta_m$  ( $\eta_m$  je mechanická účinnost).



Obr. 52. Axiální pístové čerpadlo

1 – stator, 2 – rotor, 3 – píst, 4 – unášecí deska, 5 – rozváděcí deska, 6 – výtlač, 7 – sání

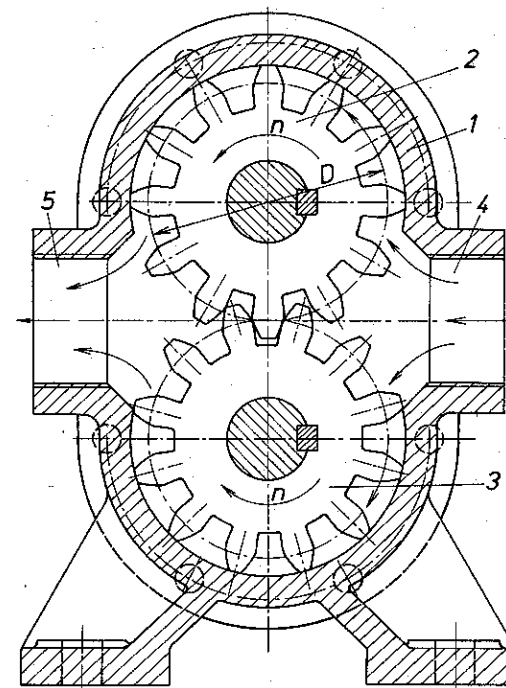
Radiální pístová čerpadla nemají sací a výtlačné ventily. Přívod a výtlačk oleje je řízen rozváděčem. Průtok se reguluje změnou zdvihu pístu  $L$  při neměnných otáčkách hnacího elektromotoru. Změny zdvihu pístu se dosahuje změnou výstřednosti  $e$  rotoru.

**Axiální pístová čerpadla** (obr. 52). Rotor čerpadla má na roztečné kružnici díry rovnoběžné s osou, v nichž se pohybují písty. Axiální pohyb pístů je vyvozen nuceným vedením po unášecí desce, nebo jsou písty spojeny s unášecí deskou ojnicemi s kulovými čepy. Čerpadla jsou vhodná pro tlaky do 30 MPa a průtoky 50 dm<sup>3</sup>/s. Kapalina je přiváděna a odváděna plochým rozváděčem, jehož hlavní částí je rovná broušená deska se dvěma drážkami na obvodu. Jedna drážka je spojena se sacím, druhá s výtlačným potrubím.

Průtok čerpadla

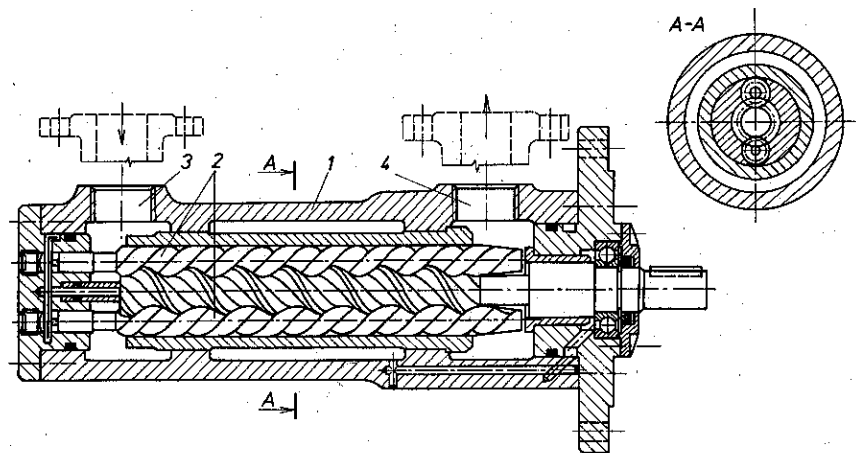
$$Q_V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot e \cdot z \cdot n \cdot \eta_V \quad (\text{m}^3/\text{s}).$$

Axiální pístová čerpadla mají menší rozměry než s písty radiálními, tím i menší hmotnost. Jsou však náročnější na jakost materiálu a vyžadují přesnější výrobu.



Obr. 53. Zubové čerpadlo

1 – těleso čerpadla, 2 – hnací ozubené kolo, 3 – hnané ozubené kolo, 4 – sání, 5 – výtlačk



Obr. 54. Vřetenové čerpadlo se třemi rotory  
1 – těleso čerpadla, 2 – vřetena, 3 – sání, 4 – výtlak

**Rotační zubová čerpadla** jsou konstrukčně i technologicky nejjednodušší a nejspolehlivější, a proto se nejčastěji používají v hydraulických soustavách pro tlaky do 16 MPa a pro průtoky do 0,02 m<sup>3</sup>/s. Rotační zubová čerpadla (obr. 53) dopravují olej uzavřený v mezerách mezi zuby a tělesem čerpadla. Při záběru zubů se olej stlačuje a roste jeho tlak, s kterým odchází do výtlaku.

Průtok čerpadla

$$Q_V = 2\pi D \cdot m \cdot b \cdot n \cdot \eta_V \quad (\text{m}^3/\text{s}),$$

kde  $D$  je roztečný průměr ozubeného kola (m),

$m$  – modul,

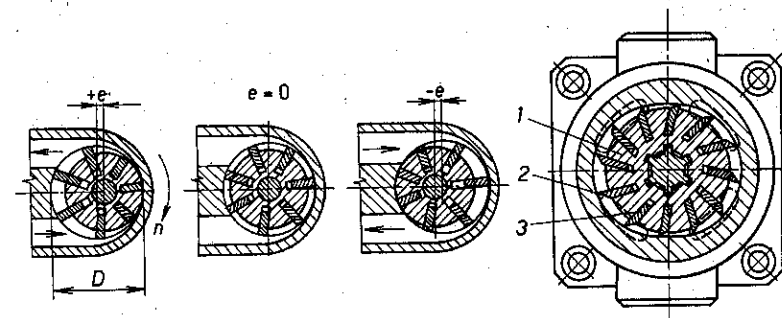
$b$  – šířka zubů (m),

$n$  – otáčky (1/s),

$\eta_V$  – objemová účinnost;  $\eta_V = 0,6$  až  $0,9$ .

Rotační zubová čerpadla jsou zvlášť vhodná k čerpání olejů, protože se dopravovaným olejem čerpadlo zároveň maže. Hřídel jednoho kola se pohání elektromotorem, druhé kolo se otáčí při záběru s kolem druhým. Mají-li kola větší počet zubů, je průtok malý, ale vytlačování oleje je pak téměř plynulé. Klidnější chod mají čerpadla s koly se šikmými zuby.

**Rotační vřetenová čerpadla** (obr. 54) pracují zcela plynule. Používají se v citlivých hydraulických regulačních soustavách turbín, při pohonu brousících strojů apod. Dávají provozní tlak až 20 MPa a průtok 0,05 m<sup>3</sup>/s i více.



Obr. 55. Rotační lamelové čerpadlo  
1 – rotor, 2 – stator, 3 – lopatka

Průtok čerpadla

$$Q_V = \pi \cdot D \cdot h \cdot b \cdot n \cdot \eta_V \quad (\text{m}^3/\text{s}),$$

kde  $D$  je roztečný průměr vřetena (m),

$h$  – výška profilu závitů (m),

$b$  – šířka drážky závitů na průměru  $D$  (m),

$n$  – otáčky (1/s),

$\eta_V$  – objemová účinnost,  $\eta_V = 0,6$  až  $0,8$ .

Kapalina se dopravuje v prostoru mezi závitů vřetena a skříní. Jedno vřeteno se pohání hnacím motorem, druhé se otáčí při záběru s prvním. Vřetenová čerpadla jsou samonasávací. Po stránce materiálové i technologické jsou velmi náročná, což brání jejich většímu uplatnění.

**Rotační lamelová čerpadla** jsou vyráběna jako regulační i neregulační. Princip funkce s regulací průtoku oleje je na obr. 55. Lamely jsou uloženy suvně v radiálních drážkách rotoru, který je poháněn elektromotorem a při otáčení sledují válcovou dutinu statoru. Boční víka statoru těsní čela rotoru i lopatek. Stator je radiálně přestavitelný vůči ose rotoru od kladné výstřednosti (+ $e$ ) přes nulovou do záporné (- $e$ ). Při stejném smyslu otáček se prvním hrdlem olej nasává a druhým vytlačuje. Průtok se mění s výstředností od maxima do nuly. Při záporné excentricitě dojde k obrácení toku čerpaného oleje, hrdlo výtláčné se stává sacím, a naopak.

Průtok čerpadla

$$Q_V = 2\pi \cdot D \cdot b \cdot e \cdot n \cdot \eta_V \quad (\text{m}^3/\text{s}),$$

kde  $b$  je šířka lamel (m),

$D$  – vnitřní průměr statoru (m),

$e$  – výstřednost rotoru (m),

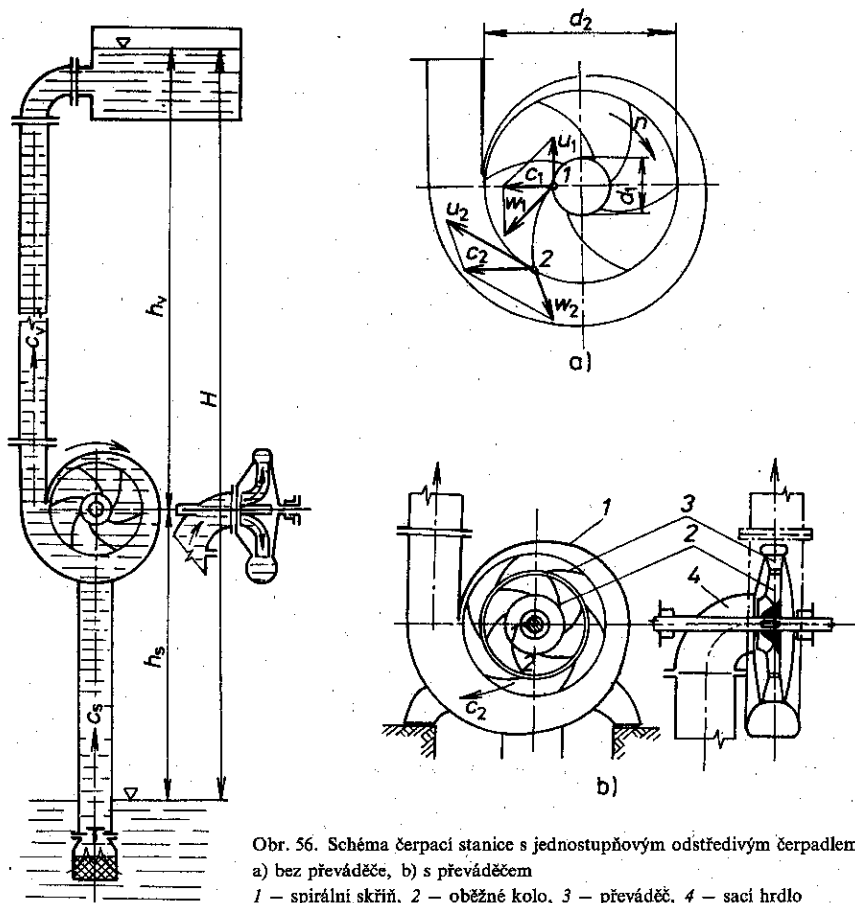
$n$  – otáčky (1/s)

$\eta_V$  – objemová účinnost;  $\eta_V = 0,6$  až  $0,8$ .

Regulační čerpadla jsou radiálně nevyvážená, a proto jsou vhodná pouze do tlaku 3 MPa. Používají se v bagrech, lodích a v mechanizaci důlního zařízení. Větší použití mají lehčí neregulační vyvážená lamelová čerpadla ( $e = 0$ ). Tato čerpadla dávají tlak do 14 MPa a mají účinnost až 0,9. Vyžadují velkou čistotu oleje. Používají se v hydraulických obvodech automobilů, letadel, obráběcích strojů apod.

### 1.3.3 Odstředivá (hydrodynamická) čerpadla

Jsou to rotační čerpadla, jejichž hlavní části jsou **oběžné kolo**, **převáděč** a **spirální skříň**. Oběžné kolo má lopatky zakřivené tak, že běží svou vstupní hranou vpřed a nabírá tak kapalinu. Princip práce odstředivého čerpadla je patrný z obr. 56.



Obr. 56. Schéma čerpací stanice s jednostupňovým odstředivým čerpadlem  
a) bez převáděče, b) s převáděčem  
1 – spirální skříň, 2 – oběžné kolo, 3 – převáděč, 4 – sací hrdlo

K bodu 1 na vnitřním obvodu kola (vstupní průměr  $d_1$ ) přitéká kapalina rychlostí  $c_1$ . Poněvadž se však v tomto místě kolo otáčí obvodovou rychlostí  $u_1 = \pi \cdot d_1 \cdot n$ , vstupuje kapalina na lopatky rychlostí  $w_1$  a proudí po nich až do bodu 2, kde opouští lopatky rychlostí  $w_2$ . K proudění po lopatkách pomáhá odstředivá síla, která při rotaci působí na kapalinu v oběžném kole. V bodě 2, na výstupním průměru oběžného kola  $d_2$  je však obvodová rychlost  $u_2 = \pi \cdot d_2 \cdot n$ . Každá částice kapaliny má tedy v bodě 2 dvoji rychlost,  $w_2$  a  $u_2$ . Kapalina vstupuje na lopatky pevného převáděče (difuzoru) výslednou rychlostí  $c_2$ . Jeho lopatkami se vede kapalina do spirální skříň, jejíž průtokový průřez se zvětšuje úměrně podle průtoku. Průtokové průřezy mezi lopatkami převáděče se pozvolna rozšiřují, takže rychlost proudící kapaliny klesá a její pohybová energie se mění v tlak. Rozdílem tlaku vzduchu na spodní hladinu a tlaku při vstupu do oběžného kola je kapalina nasávána, takže proudí do oběžného kola. Tak se energie tlaková změní v energii pohybovou. Při výstupu z oběžného kola se pohybová energie mění pozvolným rozšiřováním průtokového průřezu v převáděči a ve spirální skříni z velké části opět na energii tlakovou, takže kapalina vytékající z výtlačného hrdla do potrubí má tlak odpovídající výtlačné výšce. Každá přeměna energie je vždy spojena s určitou ztrátou. Při dvoji přeměně energie je ztráta dvojnásobná. Proto odstředivá čerpadla nemohou mít nikdy takovou celkovou účinnost jako čerpadla objemová, i když mechanická účinnost odstředivých čerpadel je mnohem větší. Odstředivá čerpadla jsou však v poměru ke své hmotnosti a rozměrům mnohem výkonnější, a tím i levnější, než čerpadla objemová.

Příkon čerpadla:

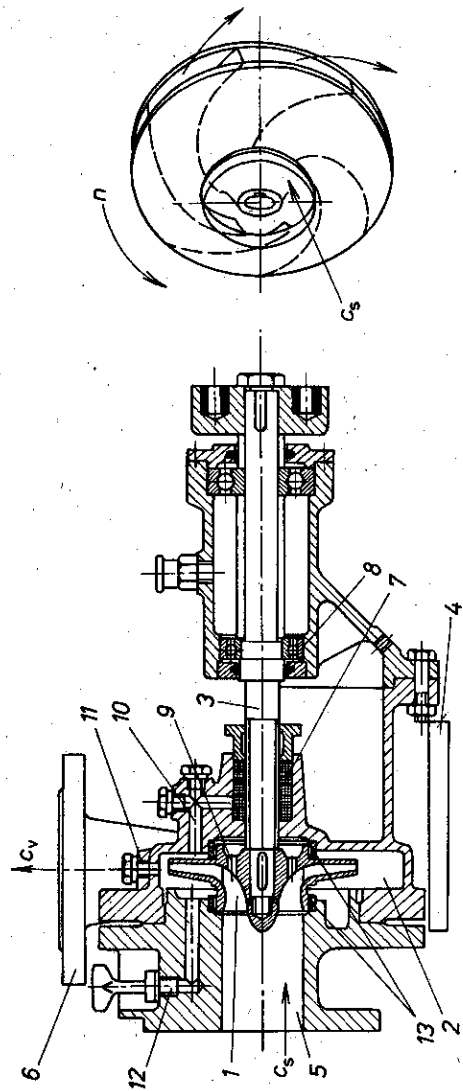
$$P = \frac{Q_V \cdot \rho \cdot H_d}{102 \eta_c} \quad (\text{kW}),$$

- kde  $Q_V$  je objemový průtok ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),  
 $H_d$  – dopravní výška (m),  
 $\rho$  – hustota kapaliny ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),  
 $\eta_c$  – celková účinnost.

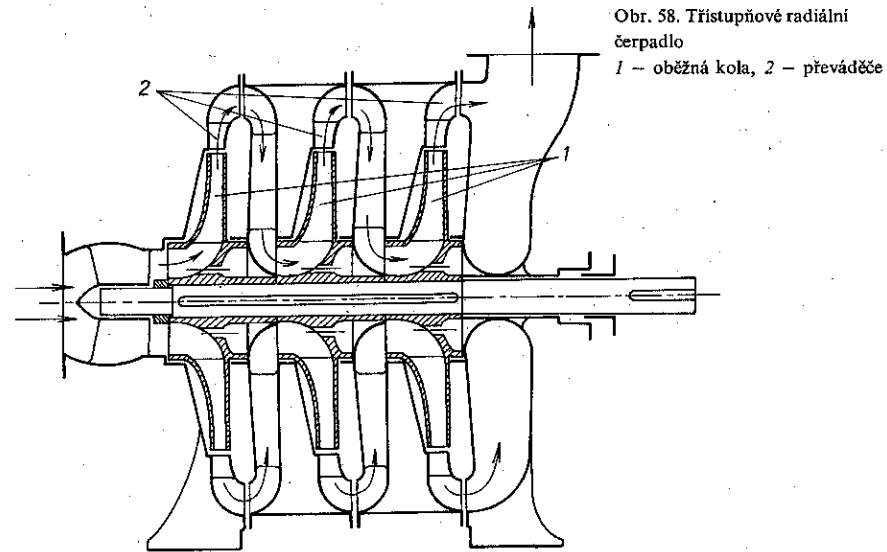
Odstředivá čerpadla jsou konstrukčně upravena podle účelu a prostředí, kde jich má být použito. Jiná čerpadla jsou pro studené, jiná pro horké kapaliny. Také hustota, znečištění, prchavost, viskozita, chemické vlastnosti kapaliny a výtlačný tlak rozhodují o konstrukci.

**Jednoduchá čerpadla** nemají převáděč, kapalina z oběžného kola proudí přímo do spirální skříň (obr. 57).

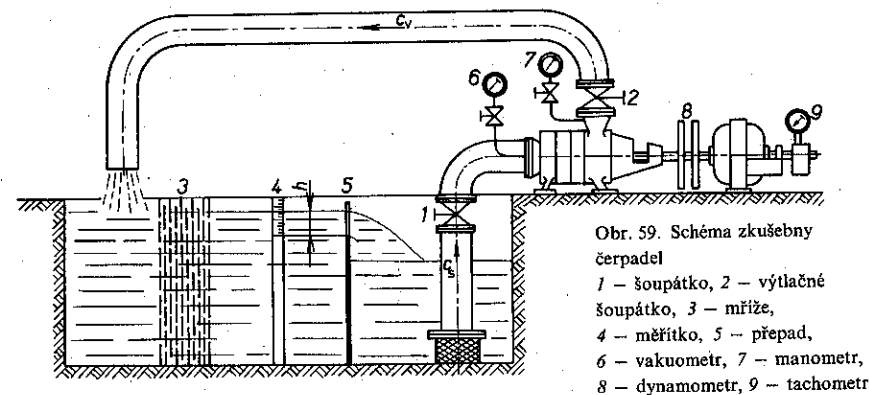
**Jednostupňová čerpadla**, tj. s jedním oběžným kolem, se uplatňují ve všeobecném vodárenství, v zemědělství k zavlažování, v průmyslu k dopravě užitkových i odpadních vod, jež neobsahují hrubé příměsiny, k čerpání chladicích a kondenzačních vod, jako oběhové čerpadlo v teplovodním vytápění apod. Mohou dopravovat vodu až  $120^\circ\text{C}$  teplou. Vyrábějí se pro průtoky až  $1.100 \text{ dm}^3/\text{min}$  a dopravní výšky až



Obr. 57. Jednostupňové radiální čerpadlo  
 1 – oběžné kolo, 2 – spirální skříň, 3 – hřídel, 4 – stojan, 5 – sací hrdlo, 6 – výtlačné hrdlo,  
 7 – ucpávka, 8 – ložiska, 9 – vyrovnávací otvor, 10 – zavodnění ucpávky, 11 – odvězdušňovací otvor,  
 12 – zavodňovací otvor, 13 – těsnící kroužky



Obr. 58. Třístupňové radiální čerpadlo  
 1 – oběžná kola, 2 – převáděče



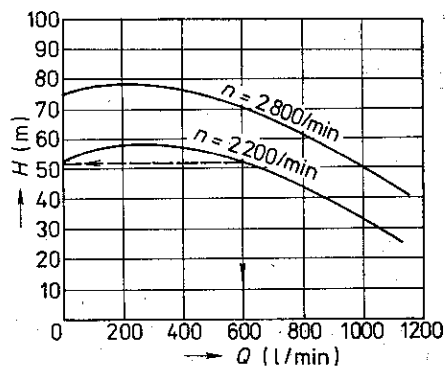
Obr. 59. Schéma zkušební čerpadel  
 1 – šoupátko, 2 – výtlačné šoupátko, 3 – mříž,  
 4 – měřitko, 5 – přepad,  
 6 – vakuumetr, 7 – manometr,  
 8 – dynamometr, 9 – tachometr

53 m, s přímým pohonem elektromotorem. Celková účinnost těchto čerpadel  $\eta_c = 0,5$  až  $0,8$ .

Pro čerpání do větších výšek jsou vyráběna čerpadla **vicestupňová**, tj. s více oběžnými koly a převáděči (obr. 58).

Průtok čerpadla se určuje ve zkušební (obr. 59). Čerpadlo saje a vytlačuje do téže nádrže. V sacím potrubí je šoupátko 1, ve výtlačném šoupátko 2, jimiž se mění dopravní (tlaková) výška čerpadla. Voda vracející se do nádrže musí protéci ukliďno-

vacími mřížemi 3, aby bylo možno měřítkem 4 odečíst výšku  $h$  nad hranou výřezu 5, a tak určit průtok čerpadla. Tlak v sacím nátrubku se měří vakuometrem 6, ve výtlačném hrdle manometrem 7. Mezi hnacím motorem a čerpadlem je torzní dynamometr 8, kterým se zjišťuje přenášený krouticí moment. Otáčky agregátu udává otáčkoměr 9. Při udržování konstantních otáček čerpadla se měří manometrická dopravní výška odečtením údajů na vakuometru a manometru, průtok výškou hladiny nad výřezem  $h$  a příkon čerpadla změřením údaje dynamometru 8. Získané hodnoty se sestavují do diagramu, tzv. **charakteristika čerpadla**. Například čerpadlo, jehož charakteristika je na obr. 60, bude při otáčkách 2 800/min a manometrické dopravní výšce 70 m dodávat 600 l/min vody, kdežto při otáčkách 2 200/min bude tato výška jen 52 m. Podnik dodávající čerpadlo má předložit objednateli i charakteristiku čerpadla.



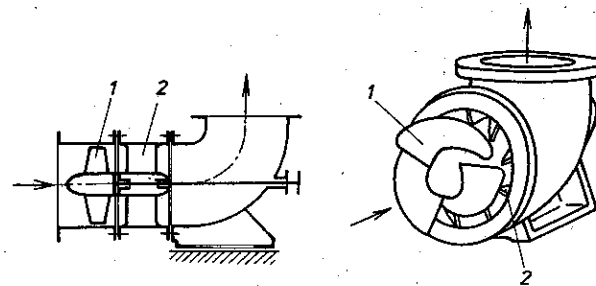
Obr. 60. Charakteristika čerpadla

Před spuštěním se musí odstředivé čerpadlo naplnit kapalinou. Plnění se děje buď přepouštěním kapaliny do čerpadla z výtlačného potrubí, nebo naléváním kapaliny do čerpadla. Aby bylo možno naplnit čerpadlo, je na nejvyšším místě čerpadla odvodušňovací ventil (u vícestupňového na každém stupni). Všechny odvodušňovací ventily se musí před plněním čerpadla otevřít. Teprve až z nich při plnění vytryskne kapalina, uzavřou se a čerpadlo se může spustit. Spouští se při uzavřeném výtlačném šoupátku; když dosáhne čerpadlo plných otáček, pozvolna se otevírá šoupátko.

Odstředivá čerpadla jsou nejrozšířenější. Jsou jednoduchá a nenáročná na údržbu, která záleží jen v péči o dostatečné mazání ložisek (aby nehřála) a udržování těsnosti hřídelové ucpávky. Ucpávka u vodních čerpadel je správně utažena, když se nezahřívá a když z ní jen mírně odkapává voda. Voda z ucpávek se musí odvádět, aby neporušovala základ. Odstředivých čerpadel se používá k dopravě chemicky aktivních kapalin, jen vnitřek čerpadla musí být zhotoven z materiálu,

který vzdoruje čerpané kapalině (např. k dopravě kyselin je vnitřek popryžován). Odstředivá čerpadla však nemohou pracovat s tak vysokými výtlačnými tlaky jako čerpadla objemová (pístová), jsou však vhodná pro velké průtoky.

**Vrtulová (axiální) čerpadla** (obr. 61) pracují podobně jako čerpadla odstředivá; odstředivá síla však nepomáhá proudění kapaliny. Používají se jen k čerpání vody. Nasávaná voda přitéká k oběžnému kolu ve směru osy čerpadla, projde oběžným kolem a převáděčem. Oběžné kolo má tvar vrtule s několika křídly (2 až 5).



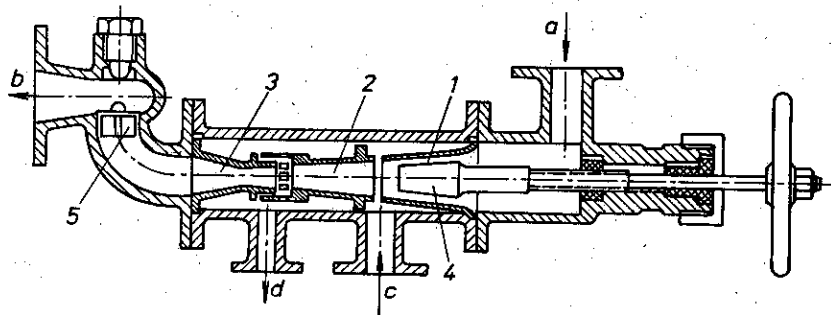
Obr. 61. Vrtulové čerpadlo  
1 – oběžné kolo, 2 – převáděč

Tato čerpadla mohou nasávat nejvýše z hloubky 2 m. Jsou vhodná pro velké průtoky na malé dopravní výšky, např. pro odvodňování, jako čerpadla zdymadel apod. Vrtulová čerpadla byla postavena pro průtoky až 180 m<sup>3</sup>/min pro dopravní výšky až 6 m, při celkové účinnosti až 0,85. Pro změnu průtoku jsou opatřena natáčivými lopatkami, čímž se dosahuje velké účinnosti i při různém výkonu.

### 1.3.4 Proudová čerpadla

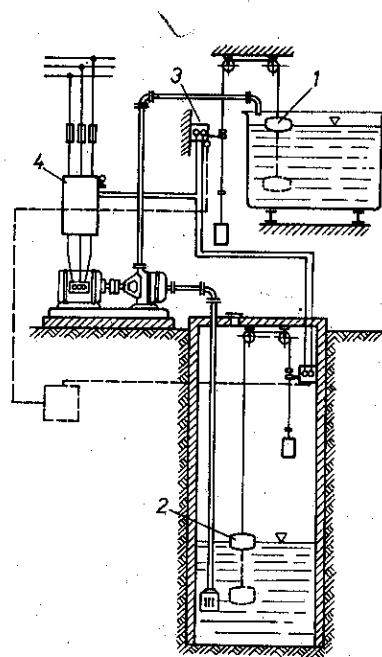
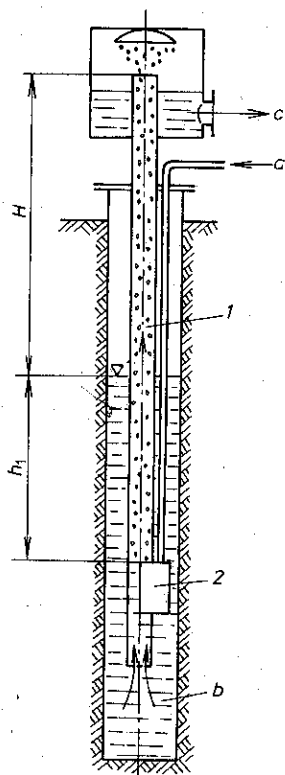
**Injektory.** Hnací silou je pohybová energie proudu páry, vzduchu nebo tlakové vody. Vodní proudová čerpadla pracují s nepřetržitým proudem (vodní injektory, parní injektory a mamutová čerpadla).

Injektory využívají proudu vodní páry nebo tlakové vody, která strhne dopravovanou kapalinu, a podle toho je rozdělujeme na parní a vodní injektory (ejektor). U parních injektorů vstupuje vodní pára do expanzní trysky (obr. 62), kde nabývá velké rychlosti. Při výstupu z trysky strhne proud s sebou vzduch, takže v injektoru vzniká podtlak, umožňující nasávání kapaliny, kterou proud tlačí do tlačné trysky. V jejím nejužším průřezu nabývá proud největší rychlosti, která se v rozšiřujícím se průřezu tlačné trysky mění v tlak, s jakým vstupuje kapalina smíšená s kondenzátem páry do výtlačného potrubí. Podobně pracují i vodní injektory. Ty však nemají takovou sací schopnost jako injektory parní, kde k vytvoření sacího podtlaku pomáhá i kondenzace páry.



Obr. 62. Parní injektor

1 - tryska, 2 - směšovač, 3 - tlačná tryska, 4 - regulační ventil, 5 - zpětný ventil,  
a - vstup páry, b - výtlak, c - sací hrdlo, d - odpad



Obr. 64. Automatická čerpací stanice  
1, 2 - plováky, 3 - spínač, 4 - stykač

◀ Obr. 63. Mamutové čerpadlo  
1 - čerpací trouba, 2 - hubice,  
a - tlakový vzduch, b - sání, c - výtlak

Parních injektorů se používá k čerpání kapalin, kde se vyžaduje ohřívání čerpané kapaliny párou. Vodní injektory jsou vhodné k čerpání kalu, který se proudem hnací vody zředuje a lépe se čerpá.

**Mamutová čerpadla.** Hnací silou je vzduch tlaku asi 0,2 MPa. Pohyb vody způsobuje rozdíl hustot vody a směsi vody se vzduchem. Sací trouba čerpadla (obr. 63) je ponořena do vody. Ve vzdálenosti  $h_1$  pod hladinou se do ní tryskou přivádí stlačený vzduch. Nad tryskou se v sací troubě vytváří směs vzduchu a vody, která má hustotu menší než voda okolo trouby a kterou sloupec vody  $h$  vytlačuje do výšky  $H$ .

Mamutová čerpadla se používají k dopravě kalných kapalin, k čerpání vody ze zemních vrtů a k dopravě řepy v cukrovarech. Předností je jednoduchost a bezporuchovost.

**Automatické čerpací stanice.** Provoz čerpací stanice je zcela samočinný. Čerpadla vytlačují vodu buď do výše položené otevřené nádrže, z níž se pak voda rozvádí samospádem, nebo do tlakové nádrže, odkud se vede tlakovým potrubím do míst spotřeby. Schéma automatického zařízení s otevřenou nádrží je na obr. 64. Čerpadlo je ovládáno plováky 1, 2. Plovákem 1 se spouští a zastavuje čerpání podle stavu hladiny v horní nádrži, plovákem 2 se řídí čerpání podle hladiny ve studni. Jim se chrání čerpadlo před během naprázdno. Je-li čerpací soustrojí hlavním spínačem připojeno na síť, ovládají oba plováky spínač 3, kterým se přivádí proud k elektromagnetu stykače 4. Hlavní spínač a stykač jsou ve společné skříni.

#### OTÁZKY A ÚKOLY

1. Jaký je rozdíl mezi manometrickou a skutečnou dopravní výškou?
2. Na čem závisí sací výška, jak velká je teoretická a praktická (skutečná) sací výška?
3. Určete výkon elektromotoru pro pohon čerpadla, které má dopravovat 200 dm<sup>3</sup>/min do výšky 8 m.
4. Jednočinné pístové čerpadlo má průměr pístu 30 mm, zdvih 60 mm, otáčky klikového hřídele  $n = 240/\text{min}$ . Určete, skutečný průtok čerpadla za 1 hodinu, je-li jeho objemová účinnost 95 %.
5. Jaký účel má setrvačnick pístových čerpadel?
6. Jaký účel má sací a výtlačný vzdušník pístového čerpadla?
7. Popište způsob práce diferenciálního pístového čerpadla a stanovte průtok kapaliny.
8. Vymenujte, která čerpadla se používají v hydraulických soustavách.
9. Na čem závisí průtok zubového čerpadla? Napište rovnici.
10. Jak se určí správný směr otáčení oběžných kol odstředivého čerpadla?
11. Pro jaké provozní podmínky jsou nevhodnější vrtulová čerpadla?
12. K čemu slouží automatické čerpací stanice?
13. Popište podle obr. 64 chod automatické čerpací stanice.