

$$\text{Mértékegységei: } \frac{\text{m}^3}{\text{h}}; \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}; \frac{\text{m}^3}{\text{s}}; \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

A térfogatáram a folyadékaramlás áramerősségét fejezi ki, a kontinuitás összefüggésből is meghatározható (stacionárius esetben):

$$Q = A \cdot v_k \quad (2.8)$$

ahol A : a szelvény területe
 v_k : a közepes sebesség

A (2.8) összefüggés szerint – állandó sűrűséget feltételezve – az áramlás bármely keresztmetszetén időegység alatti áramló folyadékterefogatát állandó.

A két adott térrész között fellépő folyadékaramlás a műszaki gyakorlatban meghatározott keresztmetszeti csatornákon történik. (A csatorna keresztmetszete természetesen változhat is, akár az időben – pl. vezérlőelemek – akár a térben.)

A csatorna adott szelvényén átáramló folyadék közepes sebessége a folyadékmennyiség – tehát az áramló folyadékterefogat – és a csatornaszelvény területének hányadosaként a (2.9) összefüggés alapján értelmezhető:

$$v_k = \frac{Q}{A} \quad (2.9)$$

$$\text{Mértékegységek: } \frac{\text{m}}{\text{s}}; \frac{\text{cm}}{\text{s}}; \frac{\text{m}}{\text{min}}; \frac{\text{cm}}{\text{min}}$$

A leggyakrabban használt mértékegységek: cm/s ; m/s . A kavitációs jelenségek, valamint a jelentős veszteségek elkerülése végett a hidraulikus körfolyam egyes helyein fellépő közepes folyadéksebesség nem haladhatja meg az alábbi értékeket:

Szivattyú szivócsővében:	$v_k \text{ max} \leq 1,5 \text{ m/s}$;
Visszafolyó vezetékben:	$v_k \text{ max} \leq 2 \text{ m/s}$;
Nyomóvezetékben:	$v_k \text{ max} \leq 8 \text{ m/s}$;

2.3 Hidraulikus berendezések energiaközvetítő folyadéakai

A hidraulikus berendezések működtetéséhez általában háromféle folyadékot használnak. Ezek:

1. Víz, illetve vízzel képzett különféle emulziók.
2. Ásványi olajok.
3. Sintetikus olajok (szilikonok).

A víz és a különféle vízes emulziók – igen erős oxidáló hatásuk következtében – főleg olyan berendezésekben használatosak, melyek robbanásveszélyes helyen működnek (pl. bányászati) vagy igen nagy folyadékigényűek.

A legáltalánosabban alkalmazott munkafolyadékok – könnyű beszerzhetőségük, kedvező tulajdonságaik és relatíve alacsony beszerzési költségük miatt – az ásványi olajok, amelyeket hidraulikaolajoknak is szokás nevezni. A szintetikus uton előállított hiraülkaolajok tulajdonságai jobbak, mint a lepárlással nyert ásványi olajok, de áruk többszöröse utóbbiak árának. A hazai ásványolajtermékek közül hidraulikaolajként használhatók: Hidro-20, Hidro-30, Hidro-45, Hidro-fluid A, B, Hidromobil (Ho-20), korlátozottan tűzálló munkafolyadék a Pirohidrol emulziós olaj.

2.31 Az energiaközvetítő folyadék fontosabb tulajdonságai

A felhasználás és az alkalmazás szempontjából a folyadék legfontosabb fizikai és kémiai jellemzői a következők:

Fizikai jellemzők: sűrűség (fajsúly), viszkozitás, össznyomhatóság (fugalmasság), levegőelnyelő képesség, fajhő, hőtágulási képesség, hővezető képesség.

Kémiai jellemzők: dermedéspont, lobbánáspont, kenőképesség, korrodáló hatás.

A felsorolt jellemzők többsége – a korábbi tanulmányokból – jól ismert, ezért azok ismertetése felesleges lenne, csupán a munkafolyadék felhasználása szempontjából különös jelentőségű jellemzőkkel foglalkozunk.

A folyadékreszecsék között ébredő csuszátófeszültség nagyságára jellemző a viszkózitás.

A folyadék belső súrlódási tulajdonságát abszolút és relatív viszkozitási mérőszámokkal lehet kifejezni. Abszolút mérőszámok a dinamikai és kinematikai viszkozitás értelmezéséből nyerhetők.

- A dinamikai viszkozitás az a N-ban kifejezett súrlódási ellenállás, amely a folyadék belsejében 1 m² nagyságu folyadéktelület elcsuszátásánál lép fel akkor, ha a viszonylagos elmozdulást végző folyadéktelületekre mérőleges irányban 1 m távolságra levő folyadékrészek relatív sebessége 1 m/s. Jele: η , mértékegysége a nemzetközi SI mértékegység-rendszerben a pascalmásodperc (Pa.s)

$$1 \text{ Pa.s} = 1 \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$$

A technikai gyakorlatban még használatos mértékegységek a poise (P) és a centipoise (cP).

- A kinematikai viszkozitás a folyadék sűrűségéhez viszonyított dinamikai viszkozitás:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (2.10)$$

Mértékegysége a nemzetközi SI mértékegység-rendszerben:

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = \frac{1 \text{ Pa.s}}{1 \text{ kg/m}^3}$$

Használatos mértékegységek még a stokes (St) és a technikai gyakorlatban a centistokes (cSt).

Megjegyezzük, hogy a poise (centipoise) és a stokes (centistokes) viszkozitási mértékegységek csak 1980. január 1-ig törvényes mértékegységek.

A viszkozitási abszolút egységein kívül gyakran használatosak a relatív, egyezményes viszkozitási egységek, melyek közül legismertebb az Engler-fók. Ez tulajdonképpen egy viszkozitás, amely azt fejezi ki, hogy az Engler-féle viszkoziméterből d = 2,7 mm-es kapillárison kiáramló 200 cm³ vizsgált folyadék áramlási ideje miként viszonylik a 20 °C-os, 200 cm³ desztillált víz kiömleési idejéhez:

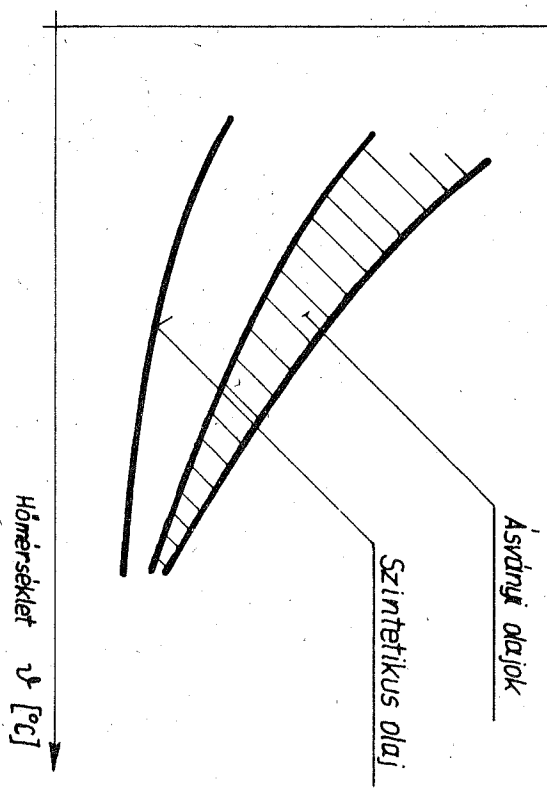
$$\eta_E = \frac{t_{\text{olaj}}}{t_{\text{víz}}}$$

A folyadék viszkozitása az üzemi hőmérséklettől, a nyomástól, a gáztartalomtól stb. függ, amely paraméterek közül a legjelentősebb visz-

kozitásváltozást a hőmérséklet változása okozza, 30-40 °C hőmérséklet-növekedés hatására a viszkozitási értéke harmadára csökkenhet.

A 2.9 ábra szemlélteti az ásványi és a szintetikus olajok viszkozitásváltozásának jellegét. Az ábra alapján is belátható, hogy üzemetelési szempontból a szintetikus olajok kedvezőbbek, mert a viszkozitásuk kevésbé érzékeny az üzemi hőmérséklet változására. Az energiaközvetítő folyadékkal szemben támasztott további követelményeket csak felsoroljuk:

Viszkozitás ν [St]



2.9 ábra
A viszkozitási változása a hőmérséklet függvényében

- jó kenőképeség (külön kenőanyagot általában nem használnak);
- semleges kémiai tulajdonság, azaz savas kémhatásu nem lehet;
- minimális levegőtartalom és - elnyelés;
- ne legyen hajlamos habképződésre;
- jó víztaszító hatása legyen;
- nagy rugalmassági tényezővel bírjon;
- fajsúlya kicsi legyen;
- jó hővezetőképeség;
- kis hőágulási tényező;
- ne tartalmazzon mechanikai szennyezőanyagot;
- kémiai stabilitása jó legyen.

ka olaj kezelése különös figyelmet igényel. Ezért célszerű röviden utalni néhány üzemeltetéssel kapcsolatos szempontra:

A hidraulikus működetésű gépekhez a gyártó vállalatok megadják az olajminőséget, és többnyire azt is, hogy hány üzemóra után kell az olajat lecserélni. Olajcsere esetén a körfolyamot - annak beindításával - oldószerrel vagy tiszta olajjal ki kell mosni, és az új olajat csak a mosás céljára használt folyadék leeresztése után szabad a tápegységbe tölteni. Használt és új olajat - még azonos minőségűt sem - összekeverni nem szabad, mivel, a használt olajban kivált gyantás részek az új olaj gyors gyantásodását idézhetik elő.

Amennyiben a használt olaj minősége nem ismert, vagy új olaj beszerzése nem lehetséges (pl. külföldi gépeknél), úgy az olaj vizsgálata alapján több-kévesbé lehetőség nyílik a pótlására legalkalmasabb, beszerezhető olaj kiválasztására.

Különféle olajok összekeverése még új állapotban sem ajánlatos.

2.32 Hidraulikus ellenállás

Nem nehéz felismerni, hogy a hidraulikus energiaátvitel analog a vilamos energiaátvitellel, így a statikus nyomás (p) a feszültségnek, az áramló folyadékmennyiség (térfogatáram) (Q) az elektromos áramnak megfelelő mennyiségnek tekinthető.

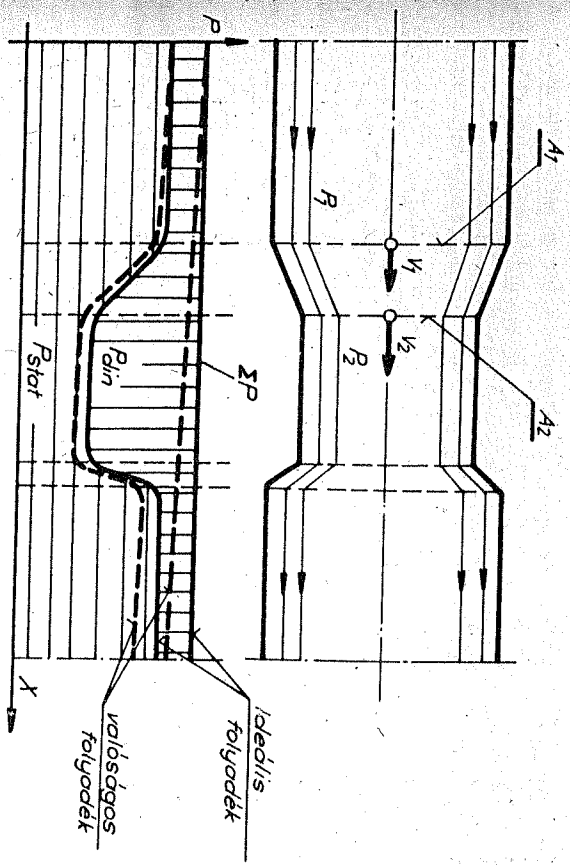
Előzőek folytatásaként értelmezhető a hidraulikus ellenállás is, sőt a hidraulikus induktivitás és kapacitás fogalma is (utóbbi kettővel nem foglalkozunk a jegyzetben).

Valóságos folyadék állandósult állapotú áramlásakor a csatorna két különböző szelvényében mérhető nyomás különböző. Összenyomhatatlan (ideális) folyadék stacionárius és örvénymentes áramlása esetén a Bernoulli-egyenlet alakja az alábbi (2.10 ábra).

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + h_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + h_2 \quad (2.11)$$

ahol γ - a fajsúly;
és ρ - a sűrűség $\gamma = \rho \cdot g$

Az egyenlet minden tagja hosszsmérték dimenziójú; emiatt a $\frac{v_1^2}{2g}$ -t sebességmagasságnak, a $\frac{p_1}{\gamma}$ -t nyomásmagasságnak, a h_1 -et pedig helyzeti (geodéziai) magasságnak nevezzük.



2.10 ábra

A nyomás változása különböző áramlási keresztmetszetek esetén sággal kiegészítve alkalmazható:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + h_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + h_2 + h_v \quad (2.12)$$

A nyomásvesztéseget a valóságos folyadék részecskéinek surlódási ellenállása okozza. A 2.10-es ábra kapcsán említhetjük meg, hogy a gépészeti gyakorlatban a helyzeti energia többnyire elhanyagolható a másik két összetevő mellett, így a (2.11) összefüggés a következő alakra írható át:

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma} = \frac{1}{2g} (v_1^2 - v_2^2) = 0 \quad (2.13)$$

Az egyenletet $\gamma = \rho \cdot g$ -vel végigszorozva

$$(p_1 - p_2) + \frac{\rho}{2} (v_1^2 - v_2^2) = 0 \quad (2.14)$$

egyenlet adódik. A (2.14) egyenlet első összetevője a hidrosztatikus, a második a hidrodinamikus nyomáskülönbség. Megmunkálógépeknél döntően a hidrosztatikus energiaátvitel használatos.

A surrúdási ellenállás által okozott nyomásvesztesség általános meghatározására szolgáló összefüggés az alábbi:

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} \sum v_k^2 \quad (2.15)$$

ahol \sum ellenállási együttható, amelynek értéke lamináris áramlás esetén:

$$\sum = \lambda \cdot \frac{L}{D} \quad (2.16)$$

Az összefüggésben

- λ - a csősurrúdási tényező
- L - az áramlási utvonal hossza
- D - az áramlási keresztmetszet jellemző mérete.

A D jellemző geometriai méret nem körkeresztmetszet esetén az un. egyenértékű átmérőt jelenti, azaz:

$$D = \frac{4A}{K} \quad (2.17)$$

itt A - a szelvény területe
K - a szelvény kerülete

A csősurrúdási tényező függ a Reynolds-számtól:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (2.18)$$

ahol $Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$ (2.19)

itt ν - a kinematikai viszkozitás.

Az áramlás a technikai gyakorlatban lamináris, ha a $Re < Re_{krit}$ és turbulens, ha $Re > Re_{krit}$.

A kritikus Reynolds-szám közelítő értékeit különböző hidraulikus elemekre a 2.5 táblázat tartalmazza. A (2.15) összefüggés a (2.16); (2.18); (2.19); illetve a (2.9) összefüggések felhasználásával az alábbi alakra hozható:

$$p = \frac{32 \rho \cdot \nu \cdot L}{D^2 A} Q \quad (2.20)$$

A kritikus Reynolds-szám értékei különböző hidraulikus ellenállások esetén

Hidraulikus ellenállás	Re _{krit}
Sima falu cső	2000...3000
Durva falu cső	1500...2000
Koncentrikus sima rés	1000
Koncentrikus rés beszűrásokkal	700
Excentrikus rés beszűrásokkal	400
Tolatlyus szelep vezérlő rése	100...250
Újékes szelep	20...100

A hidraulikus ellenállás az elektromos analógiára hivatkozással - a nyomásesés és a folyadékcszállítás hányadosaként értelmezhető:

$$R_H = \frac{\Delta p}{Q} \quad (2.21)$$

A (2.20) képlet felhasználásával lamináris áramlás esetén a hidraulikus ellenállás meghatározható:

$$R_H = \frac{32 \rho \nu L}{D^2 A} \left[Nsm^{-5} \right]$$

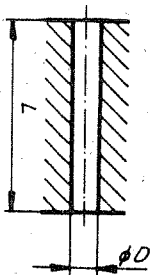
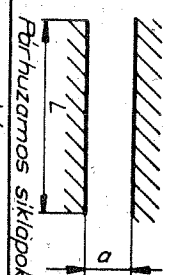
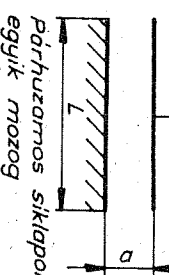
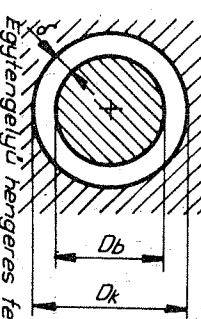
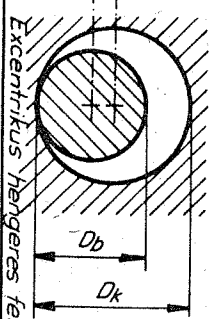
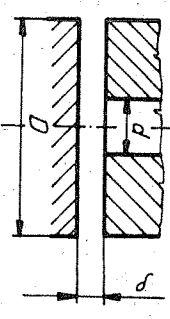
Az áramlási szelvény D és A geometriai paramétereivel befolyásolja a hidraulikus ellenállás értékét. A 2.6 táblázatban található meg a leggyakrabban előforduló áramlási szelvények hidraulikus ellenállása.

A megvalósított hidraulikus rendszerekben természetesen sok hidraulikus ellenállást kapcsolnak sorosan, illetve párhuzamosan. Ugyancsak az elektromos analógia alapján lehet az eredő hidraulikus ellenállást meghatározni; sorosan kapcsolt ellenállások eredője az egyes ellenállások algebrai összege, míg a párhuzamos kapcsolásnál az eredő hidraulikus ellenállás reciproká az egyes ellenállások reciprokainak összegével egyenlő.

2.33 A hidraulikus csillapítás

Az energiaközvetítő folyadékot gyakran használják fel csillapításra is; a gépészeti gyakorlatban mozgó alkatrészek, berendezések csillapítására. A hidraulikus csillapítók azon az elven működnek, hogy a mozgó be-

Áramlási szelvények hidraulikus ellenállása

Áramlási szelvény	R_L
 Kör keresztmetszet	$\frac{128 \nu \rho L}{\pi D^4}$
 Párhuzamos síklapok	$D = a$ $A = ab$ $\frac{12 \nu \rho L}{a^3 b}$
 Párhuzamos síklapok, egyik mozog	1 $\left(\frac{a^3}{12 \nu \rho L} + \frac{w a}{2 \Delta p} \right) b$
 Egytengelyű hengeres felületek	$D = \delta = \frac{D_k - D_b}{2}$ $\frac{24 \nu \rho L}{\pi \delta^3 (D_k + D_b)}$; $A = \frac{D_k + D_b}{2} \pi \delta$
 Eccentrikus hengeres felületek	$\frac{24 \nu \rho L}{\pi \delta^3 (D_k + D_b) \left(1 + \frac{3}{2} \frac{e^2}{\delta^2} \right)}$
	$\frac{6 \nu \ln \frac{D}{\delta} \rho}{\pi \delta^3}$

rendezés kinetikus energiáját a folyadék hidraulikus ellenálláson keresztül történő áramoltatásával emésztik fel. A 2.11 ábrán látható egyszerű hidraulikus csillapító szerkezetben a csillapító erő fellirható:

$$F_{cs} = \Delta p \cdot A \quad (2.22)$$

ahol Δp - a folyadék áramoltatásához szükséges nyomáskülönbség,
 A - a mozgó dugattyu hatásos felülete.

A (2.21) összefüggés, illetve a (2.8) összefüggés kissé módosított alakjának felhasználásával a nyomáskülönbség:

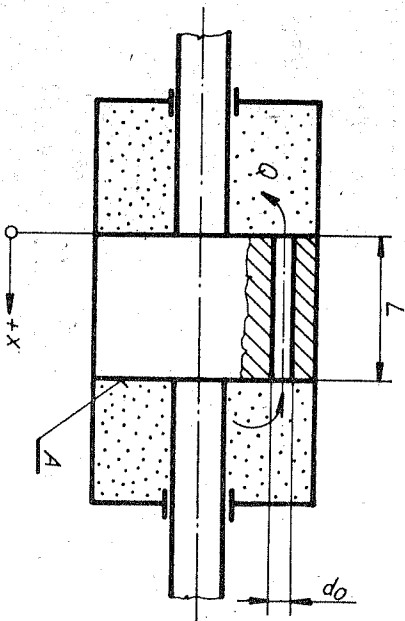
$$\Delta p = R_H A v = R_H A \dot{x}$$

Ezzel a csillapítóerő:

$$F_{cs} = R_H A^2 \dot{x} = B \dot{x} \quad (2.23)$$

$$\text{Itt } B = R_H \cdot A^2 = \frac{128 \nu \rho L}{\pi \cdot d^4} A^2 \quad (\text{Nsm}^{-1}) \quad (2.24)$$

a sebességgel arányos csillapítási tényező.



2.11 ábra

A hidraulikus csillapítás elve