

Szabó László

Áramlástan szivattyúk

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Kőolaj- és vegyipari géprendszer üzemeltetője és vegyipari technikus feladatok

A követelménymodul száma: 2047-06 A tartalelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-027-50



ÁRAMLÁSTANI SZIVATTYÚK SZERKEZETE, MŰKÖDÉSE

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

A különböző **vegyipari műveletek, vegyipari technológiák üzemeltetése** során a leggyakrabban előforduló feladat a **folyadékok szállítása**, tartályok feltöltése, folyadékok mozgatása a vegyipari berendezésekben. A szállításhoz **szivattyúkat** használunk, amelyeknek alapvetően két típusa különböztethető meg:

- a térfogat-kiszorítás elvén működő szivattyúk és az
- **áramlástani elven** működő szivattyúk.

Munkafeladatai megoldása során gyakran kell üzemeltetni folyadékszállító berendezéseket, szivattyúkat.

A szivattyúk üzemeltetés megkívánja, hogy tisztában legyen szerkezeti felépítésükkel, működésükkel, alkalmazási lehetőségeikkel. Sokszor munkatársait is be kell taníttatni a szivattyúk üzemeltetésének szabályaira, a szivattyúk kezelésére, el kell magyarázni szerkezeti felépítésüket, működésüket.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

AZ ÁRAMLÁSTANI ELVEN MŰKÖDŐ SZIVATTYÚK SZERKEZETE, MŰKÖDÉSE

1. A szivattyúk működési elvei

A folyadékszállító berendezéseknek alapvetően két típusát különböztetjük meg:

- a térfogat-kiszorítás elvén működő szivattyúk, és
- az áramlástani elven működő szivattyúk.

A térfogat-kiszorítás elvén működő szivattyúk

A térfogat-kiszorítás elvén működő szivattyúk lényege, hogy létrehozunk egy növekvő, majd csökkenő teret. A növekvő tér esetén a folyadék beáramlik a szivattyútérbe, csökkenő tér esetén viszont onnan kiszorulva távozik. Ez a térfogatkiszorítás.

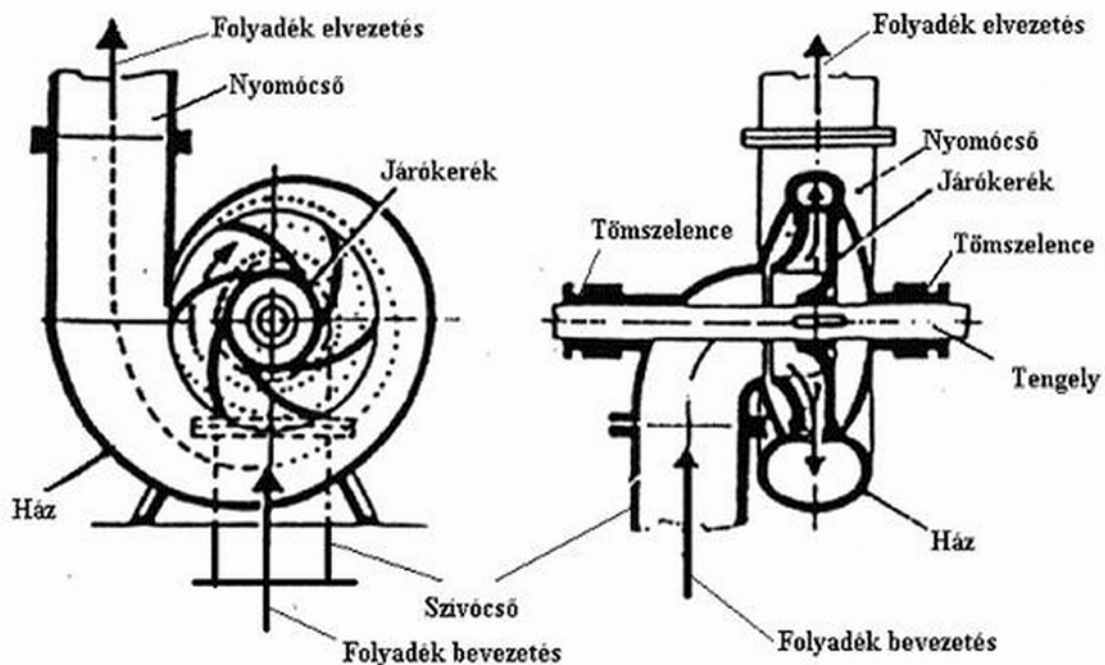
Áramlástani elven működő szivattyúk

Az áramlástani elven működő szivattyúk valamilyen **áramlási törvényszerűséget** használnak fel a folyadék továbbításához. Jellegzetes típus az örvényszivattyú (1. ábra), közismert nevén **centrifugálszivattyú**. Ezek oly módon szállítják a folyadékot, hogy járókerekük energiát közöl a folyadékkal, így áramoltatva a folyadékot.

2. A centrifugálszivattyú (örvényszivattyú) szerkezete, működése

A centrifugálszivattyú fő alkatrésze a **járókeréknek** nevezett forgótárcsa, amelynek lapátjai a centrifugális erő felhasználásával gyorsítják a szivattyúházba belépő folyadékot. Az energiaközlés hatására a folyadék sebessége megnő, ezzel együtt nő a mozgási energiája. A megnövekedő mozgási energia a **szivattyúházban** nyomási energiává alakul, biztosítva a folyadék mozgatásához szükséges energiát.

Az 1. ábrán a centrifugálszivattyú működési vázlat, szerkezete látható.



1. ábra A centrifugálszivattyú működési vázlat, szerkezete

A szivattyú fő szerkezeti elemei:

- a járókerék,
- a csigaház,
- a tengely,
- a tömszelence,
- a szívócső.
- a nyomócső

Az ábrán látható szivattyú **egylépcsős, radiális átömlésű járókerékkel** kialakított szivattyú. A radiális elnevezés azt jelenti, hogy a folyadék gyorsítása a járókerék lapátjain sugárirányú, azaz a folyadék sugárirányban mozog. A járókerék két párhuzamos tárcsa, amik között egyenlő távolságra **egyenes vagy ívelt lapátok** találhatók.

A folyadék a szivattyú tengelyvonalában elhelyezett **szívócsonton lép be**, majd a járókerék szívócsőoldali tárcsáján lévő nyíláson a lapátok közé jut. A forgó lapátsor magával ragadja a folyadékot, a részecskékre hat a centrifugális erő. A felgyorsított folyadék a lapátélről a tárcsa érintőjének irányába távozik, majd követve a **szivattyúház** csigavonal alakú csatornáját, **a nyomócsonton át** a nyomócsontokhoz csatlakozó vezetékbe áramlik.

A folyadék a járókerék lapátjai által alkotott csatornában felgyorsul, hiszen ezáltal nő az energiája. Ha a szívó- és nyomócsont azonos átmérőjű, akkor a beszívott és kinyomott folyadék sebessége a folytonossági törvény alapján azonos. A szivattyúház csigavonal alakban bővülő csatornájának fontos feladata a folyadék mozgási energiájának nyomási energiává való átalakítása. Így a **sebességi energia nyomási energiává** alakul. Ez az energia biztosítja a folyadék szállításához szükséges energiát.

A centrifugálszivattyúban kettős energiaátalakítási folyamat megy végbe. A forgómozgás révén bevitt energia előbb **sebességi**, majd **nyomási** energiává alakul.

A járókerékből kilépő folyadék helyére a szívócsövön keresztül újabb folyadék áramlik, így a folyadékszállítás folytonos.

A folytonos folyadékszállítás az örvényszivattyúk egyik jelentős üzemi előnye.

A járókereket **tengely** forgatja, amelyet a szivattyúházból **tömszelencén** keresztül vezetnek ki.

A tengelyt egy a szivattyúval közös alapra szerelt **elektromotor** hajtja. A szivattyú és a motor tengelyét rugalmas tengelykapcsoló kapcsolja össze.

A szivattyú indítása

A centrifugálszivattyúk szemben a dugattyús szivattyúkkal nem önfelszívóak. A centrifugálszivattyúknál ezért **indítás előtt a szivattyúházat fel kell tölteni folyadékkal**. Kivételt képez az olyan eset, amikor a szivattyúra **ráfolyik a folyadék**, vagyis a szivattyú a vele azonos magasságú, vagy magasabb helyről szállítja a folyadékot.

Leálláskor a folyadék a szivattyúból és a szívó csővezetékéből visszaáramlik az alsó térbe. Emiatt újraindításkor a szivattyúházat és a szívó csővezetékrendszert újra fel kell tölteni folyadékkal. A szívócső végére szerelt lábszeleppel meg lehet akadályozni a folyadék visszaáramlását a szivattyú kikapcsolása után.

A szivattyúkat indítás előtt fel kell tölteni folyadékkal, kivéve, ha a szivattyúra ráfolyik a folyadék.

A járókereket elhagyó folyadék a szivattyúház csatornájában iránytörést szenved, ami energiavesztéssel jár. A veszteség egy különleges alkatrész, a vezetőkerék segítségével csökkenthető. A vezetőkerék a járókerékhez hasonló szerkezetű álló tárcsa, amelynek lapátozása ellenkező irányú, mint a járókeréké. A vezetőkerék csatornái csökkentik az iránytörés szögét, és így az iránytörési veszteséget is. A készülék azonban bonyolultabbá válik, ezért csak nagy teljesítményű, illetve nagynyomású szivattyúknál alkalmazzák.

3. SIHI szivattyúk

A centrifugálszivattyúk azon hátrányos tulajdonsága, hogy nem "önfelszívók" kiküszöbölhető a SIHI szivattyúk alkalmazásával.

A szivattyú járókereke a vízgyűrűs vákuumszivattyúhoz hasonló kialakítású. A lapátkerék excentrikusan helyezkedik el. A szívócsonk úgy van kialakítva, hogy leálláskor a folyadék nem tud teljesen kifolyni a házból. Beindításkor a szivattyúházban a vízgyűrűs vákuumszivattyú működéséhez hasonlóan vákuum jön létre. A vákuum hatására a külső levegő a szívócsonkon keresztül benyomja a folyadékot a házba. A házban lévő folyadékot a járókerék forgása a centrifugálszivattyúhoz hasonlóan kinyomja a nyomócsonkon keresztül.

A SIHI szivattyú **előnye**, hogy indítás előtt **nem kell feltölteni folyadékkal**. **Hátránya**, hogy hatásfoka kisebb, mint a hasonló teljesítményű centrifugálszivattyú hatásfoka, ezért működtetése **gazdaságtalanabb**. Olyan esetekben alkalmazzuk, amikor üzembiztos indításra van szükség.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

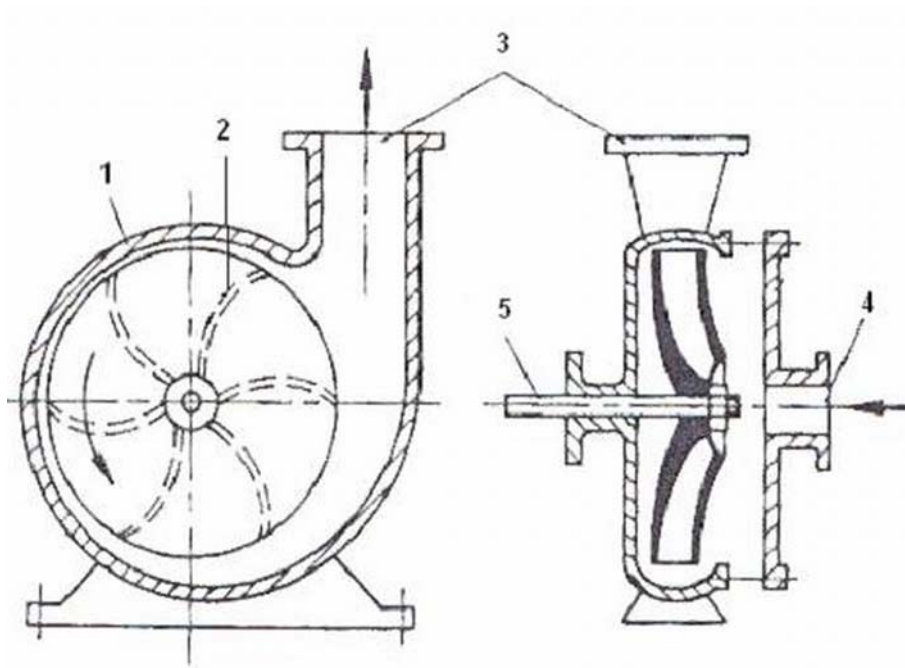
A tananyagot a **következő lépésekben** sajátítsa el:

Olvassa el figyelmesen "AZ ÁRAMLÁSTANI ELVEN MŰKÖDŐ SZIVATTYÚK SZERKEZETE, MŰKÖDÉSE" részből az "1. A szivattyúk működési elvei", a "2. A centrifugálszivattyúk (örvényszivattyúk) szerkezete, működése" és a "3. SIHI szivattyúk" című fejezeteket, tanulja meg pontosan a szerkezeti elemek, egységek nevét, a szivattyúk működését, a bekeretezett, fontos fogalmakat, szabályokat!

Oldja meg az 1–5. feladatokat!

1. feladat

A 2. ábrán egy centrifugálszivattyú szerkezeti kialakítása látható. Írja be az ábra alatti táblázatba a számokkal jelölt szerkezeti egységek megnevezését!



2. ábra Centrifugálszivattyú

Szám	A szerkezeti egység megnevezése
1	
2	
3	
4	
5	

2. feladat

Az alábbi táblázatban egy centrifugálszivattyú szerkezeti egységei megnevezése található. A táblázat alatt a szerkezeti egységek feladata található. Írja be a táblázatba a szerkezeti egység neve mellé az egységhez tartozó meghatározást!

A szerkezeti egység megnevezése	Betűjel
Járókerék	
Csigaház	
Elektromotor	
Szívócsonk	

Tömszelence	
Nyomócsonk	
Tengely	

a/ a tengelyt a szivattyúházból **ezen** keresztül vezetik ki.

b/ A folyadék a szivattyú tengelyvonalában elhelyezett csonkon lép be

c/ Feladata a folyadék mozgási energiájának nyomási energiává való átalakítása

d/ A szivattyúval közös alagra szerelt szerkezet, amely a tengely forgását biztosítja

e/ A folyadékkal közli az energiát

f/ A folyadék a házból **ezen** keresztül távozik

g/ A járókereket forgatja

3. feladat

A centrifugálszivattyúban történő energiaátalakulás.

Egészítse ki az alábbi meghatározást!

A centrifugálszivattyúban a..... forgómozgása révén bevitt energia előbb energiává, majd a csigaházban.....energiává alakul.

4. feladat

A centrifugálszivattyú indítása

Hogyan kell a centrifugálszivattyút indítani? Egészítse ki az alábbi mondatot!

A centrifugálszivattyú indítás előtt _____
kivéve azt az esetet, ha _____

5. feladat

A SIHI szivattyú alkalmazása

Egészítse ki az alábbi mondatokat!

A SIHI szivattyú előnye a centrifugálszivattyúval szemben, hogy _____

A SIHI szivattyú hátránya a centrifugálszivattyúval szemben, hogy _____

Ha úgy érzi, **bizonytalan** a feladatok megoldásában, **tanulmányozza át még egyszer** a feladatokhoz tartozó fejezetet.

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Szám	A szerkezeti egység megnevezése
1	csigaház
2	járókerék
3	nyomócsonk
4	szívócsonk
5	tengely

2. feladat

Az alábbi táblázatban egy centrifugálszivattyú szerkezeti egységei megnevezése található. A táblázat alatt a szerkezeti egységek feladata található. Írja be a táblázatba a szerkezeti egység neve mellé az egységhez tartozó meghatározást!

A szerkezeti egység megnevezése	Betűjel
Járókerék	e/
Csigaház	c/
Elektromotor	d/
Szívócsonk	b/
Tömszelence	a/
Nyomócsonk	f/

Tengely	g/
---------	----

3. feladat

A centrifugálszivattyúban a járókerék forgómozgása révén bevitt energia előbb sebességi energiává, majd a csigaházban nyomási energiává alakul

4. feladat

A centrifugálszivattyút indítás előtt fel kell tölteni folyadékkal, kivéve azt az esetet, ha a szivattyúra ráfolyik a folyadék.

5. feladat

A SIHI szivattyú előnye a centrifugálszivattyúval szemben, hogy önfelszívó, indítás előtt nem kell feltölteni a folyadékkal.

A SIHI szivattyú hátránya a centrifugálszivattyúval szemben, hogy hatásfoka kisebb, mint a centrifugálszivattyú hatásfoka, így üzemeltetése gazdaságtalanabb.

Következő lépésként oldja meg az **Önellenőrző feladatokat**! Ha ezeket sikerül segítség nélkül megoldani, csak akkor lehet biztos benne, hogy kialakította az adott témában a munkája elvégzéséhez szükséges kompetenciákat.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Sorolja fel a centrifugálszivattyú szerkezeti elemeit, szerkezeti egységeit!

Szerkezeti elem, egység	Szerkezeti elem, egység

2. feladat

Milyen előnye van a centrifugálszivattyú folyadékszállításának a dugattyús szivattyú folyadékszállításával szemben? Egészítse ki az alábbi meghatározást!

A centrifugálszivattyú előnye, hogy a folyadékszállítása, míg a dugattyús szivattyú folyadékszállítása.....

3. feladat

Az alábbiakban különböző feladatokat, meghatározásokat írtunk le. Írja a feladatok, meghatározások mellé a megfelelő szerkezeti elem, egység megnevezését!

Feladatok, meghatározások	Szerkezeti elem, egység
A centrifugális erő felhasználásával gyorsítja a szivattyúházba belépő folyadékot	
Ezen a csonkon keresztül lép be a folyadék a szivattyúba	
Megakadályozza, hogy a forgó tengely mellett a folyadék szivárogjon	
Ezen a csonkon keresztül lép ki a folyadék a szivattyúházból	
A járókereket forgatja	

A mozgási energiát nyomási energiává alakítja	
---	--

4. feladat

Hogyan kell indítani a centrifugálszivattyút? Egészítse ki az alábbi meghatározást!

A centrifugálszivattyú jellegzetessége, hogy _____

5. feladat

Készítsen vázlatos rajzot a centrifugálszivattyúról! Ismertesse – szóban – a szivattyú működését, a szivattyúban végbemenő energetikai folyamatokat!

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Szerkezeti elem, egység	Szerkezeti elem, egység
járókerék	csigaház
tengely	szívócsonk
tömszelence	nyomócsonk
elektromotor	tengelykapcsoló

2. feladat

A centrifugálszivattyú előnye, hogy a folyadékszállítása folyamatos, míg a dugattyús szivattyú folyadékszállítása szakaszos, egyenetlen.

3. feladat

Feladatok, meghatározások	Szerkezeti elem, egység
A centrifugális erő felhasználásával gyorsítja a szivattyúházba belépő folyadékot	járókerék
Ezen a csonkon keresztül lép be a folyadék a szivattyúba	szívócsonk
Megakadályozza, hogy a forgó tengely mellett a folyadék szivárogjon	tömszelence
Ezen a csonkon keresztül lép ki a folyadék a szivattyúházból	nyomócsonk
A járókereket forgatja	tengely
A mozgási energiát nyomási energiává alakítja	csigaház

4. feladat

A centrifugálszivattyú jellegzetessége, hogy indítás előtt fel kell tölteni folyadékkal.

5. feladat

Rajzi megoldás egyéni tanulói vázlatrajz az 1. vagy 2. ábra alapján. A szóbeli ismertetés az ábrához tartozó szöveg alapján.

SZIVATTYÚK ÜZEMELTETÉSE

ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

A technikusnak figyelnie kell a szivattyúk gazdaságos üzemeltetésére. A működtetésük, kezelésük mellett tudnia kell azokat az áramlástani, energetikai törvényeket, összefüggéseket, amelyek meghatározzák az optimális üzemeltetés feltételeit.

Munkahelyi feladatai megkövetelik, hogy munkatársait figyelmeztesse a szivattyúk gazdaságos üzemeltetésére. El kell tudnia magyarázni a szivattyúk üzemére jellemző jelleggörbék használatát, alkalmazását a működtetés optimális feltételeinek biztosításához.

Egy technikustól elvárható, hogy ki tudja mérni a szivattyúk üzemének jellemző adatait, fel tudja venni a szivattyú jelleggörbéket.

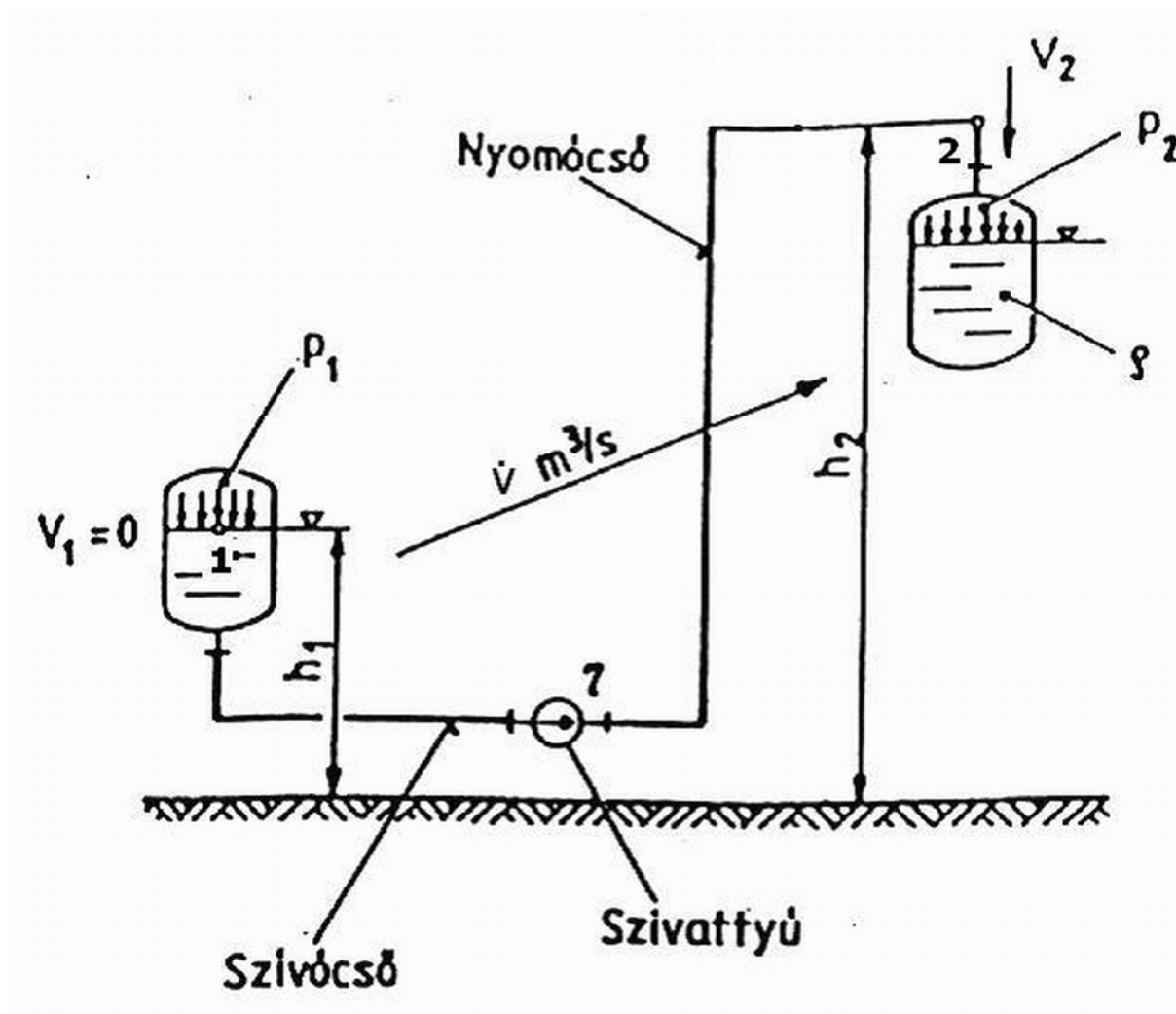
Sokszor kell foglalkoznia az adott műveleti, technológiai feladathoz leginkább megfelelő szivattyú kiválasztásával.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A CENTRIFUGÁLSZIVATTYÚ ÜZEMELTETÉSE

1. A csővezeték jelleggörbe

Eddigiekben feltételeztük, hogy a folyadék rendelkezik a mozgásához szükséges energiával, mégpedig úgy, hogy az a veszteségeket is fedezi. A gyakorlatban azonban fordított a helyzet. Általában a folyadékot alacsonyabb szintről kell felszállítani olyan készülékbe, amely magasabb szinten helyezkedik el, és ahol gyakran a nyomása is nagyobb, mint a kiindulási tartályban. A szállítás során a veszteségeket is fedezni kell. Erre látunk példát a 3. ábrán, ahol a folyadékot szivattyú továbbítja az 1 tárolóból a 2 tartály felé.



3. ábra. Folyadékszállítás szivattyúval

Az ábrából látható, hogy a szállítás során a szintkülönbséget, a csővezeték és az adagoló tartály átmérőjének különbözőségéből adódó áramlási sebességkülönbséget, a technológiai igényekből fakadó nyomáskülönbséget, valamint az áramlási veszteséget is fedezni kell.

A szállításához szükséges energia a legáltalánosabb esetben három részből tevődik össze:

- a **szintkülönbség** legyőzéséhez szükséges energia,
- a **nyomáskülönbség** legyőzéséhez szükséges energia,
- a **veszteségek** legyőzéséhez szükséges energia.

A szállításához szükséges fajlagos energia (Bernoulli törvényből levezetve, ha a veszteségeket nem vesszük figyelembe):

$$H = (h_2 - h_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g}$$

Az egyenlet a szintkülönbség és a nyomáskülönbség legyőzéséhez szükséges fajlagos energiák összegét tartalmazza. Ha a veszteségeket is figyelembe vesszük, akkor még hozzá kell adni a veszteségek legyőzésére fordítandó fajlagos energiát, a **veszteségmagasságot**.

A legáltalánosabb esetben egy csővezetékrendszerben történő folyadékszállítás esetén mindhárom energia legyőzésére energiát kell befektetni. Ezt az energiát a szivattyú biztosítja.

Egy csővezetékrendszer esetén a szállításhoz szükséges energia összetevői:

a **szintkülönbség** legyőzéséhez szükséges energia,

a **nyomáskülönbség** legyőzéséhez szükséges energia,

a **veszteségek** legyőzéséhez szükséges energia.

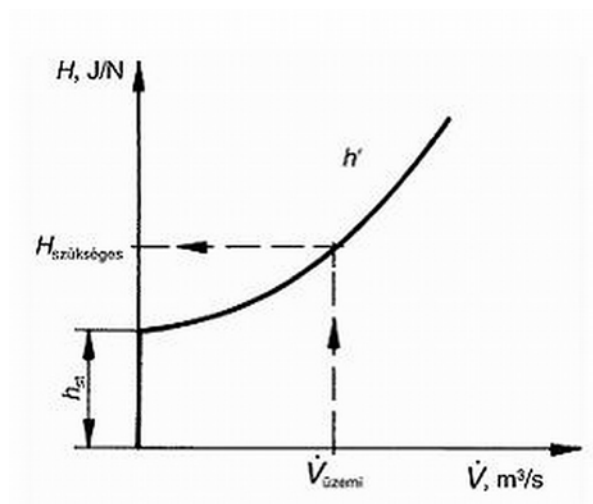
Képletben:

$$H = (h_2 - h_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + h_v,$$

$$h_v = (\sum \lambda \cdot \frac{\ell_i}{d} + \sum \xi_i + 1) \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

ahol: H a szállításhoz szükséges fajlagos energia, J/N (m); $(h_2 - h_1)$ a szintkülönbség, m; $(p_2 - p_1)$ a nyomáskülönbség, Pa; ρ a szállított folyadék sűrűsége, kg/m³; g a nehézségi gyorsulás, m/s²; h_v a veszteségmagasság, J/N (m); λ a csősúrlódási tényező; ℓ_i az egyes egyenes csövek hossza, m; d a csőátmérő, m; ξ_i az egyes elemek veszteségtényezője; v a folyadék áramlási sebessége, m/s.

A gyakorlatban a szállításhoz szükséges fajlagos energiát a térfogatáram függvényében ábrázoljuk. Ez az ún. csővezeték jelleggörbe (4. ábra).



4. ábra A csővezeték jelleggörbe

A csővezeték jelleggörbe a szállításhoz szükséges fajlagos energiát szemlélteti.

2. A szivattyú jelleggörbéi

A szivattyú működésére, üzemeltetéséhez használjuk a jelleggörbéket. Négy jelleggörbével lehet jellemezni a szivattyúk üzemét:

- a szállítási jelleggörbe,
- a szivattyú hasznos teljesítmény jelleggörbéje,
- a szivattyú összes teljesítmény jelleggörbéje,
- a hatásfok jelleggörbe.

A szivattyú szállítási jelleggörbéje

A szivattyú legfontosabb jelleggörbéje a szállítási görbe. A szivattyúval közölt energia a lapátkereken keresztül adódik át a folyadéknak. Az egységnyi folyadékmennyiséggel közölt fajlagos energia az ún. Szállítómagasság vagy másnéven manometrikus szállítómagasság.

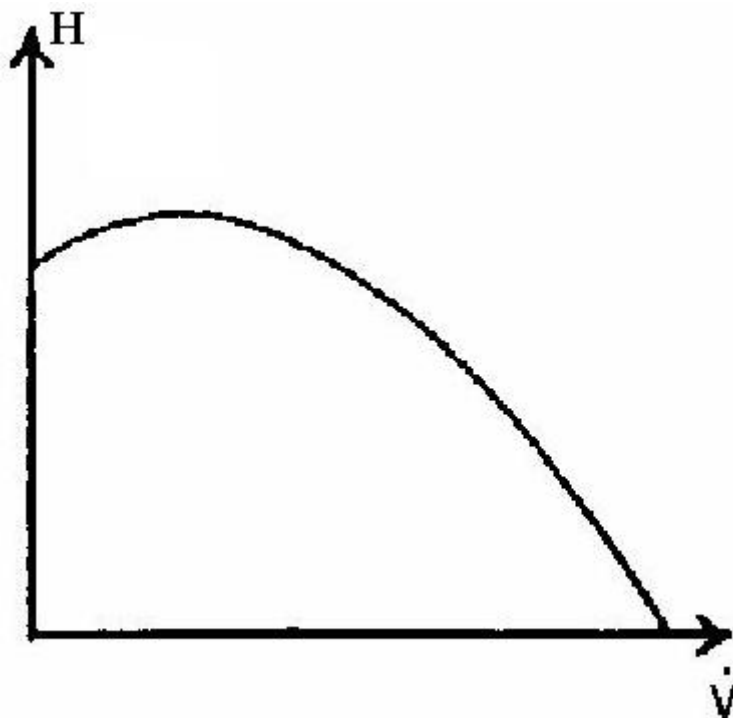
A centrifugálszivattyú szállítási jelleggörbéje a szivattyú által a folyadékkal közölt fajlagos energiát, a manometrikus szállítómagasságot ábrázolja a szállított folyadékmennyiség függvényében.

A manometrikus szállítómagasság értéke a kerületi sebességtől, a lapátok számától, a lapátok alakjától és a hidraulikai hatásfoktól függ:

$$H = \eta_h \cdot \lambda \cdot \xi \cdot \frac{v^2}{2g},$$

ahol: H a manometrikus szállítómagasság, η_h a hidraulikai hatásfok, λ a lapátok száma, ξ a lapátok alakjától függő tényező, v a kerületi sebesség, g a nehézségi gyorsulás.

A manometrikus szállítómagasság értéke a szállított folyadékmennyiség függvényében változik. Értékeit mérésekkel határozzák meg és a diagramot szivattyú gépkönyvében közlik. A szivattyú jelleggörbe formája az 5. ábrán látható.



5. ábra A szivattyú szállítási jelleggörbéje

A szivattyú hasznos teljesítménye

A szivattyú hasznos teljesítménye a folyadék szállításához szükséges teljesítményt jelenti. Ha ismert a manometrikus szállítómagasság (amely az egységnyi súlyú folyadék szállításához szükséges energiát, munkát jelenti), a hasznos teljesítmény ennek és a szállított anyagmennyiség súlya szorzataként kapható.

A szállított anyagmennyiséget általában térfogatáramban adjuk meg. A szállított anyagmennyiség súlya:

$$G = V \cdot \rho \cdot g$$

ahol: $\dot{V}$ a szivattyúval szállított folyadék térfogatárama, m^3/s ; a sűrűség, kg/m^3 ; g a nehézségi gyorsulás, m/s^2 .

A hasznos teljesítmény:

$$P_h = V \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

ahol: P_h a hasznos teljesítmény, W; H a manometrikus szállítómagasság, J/N, (m).

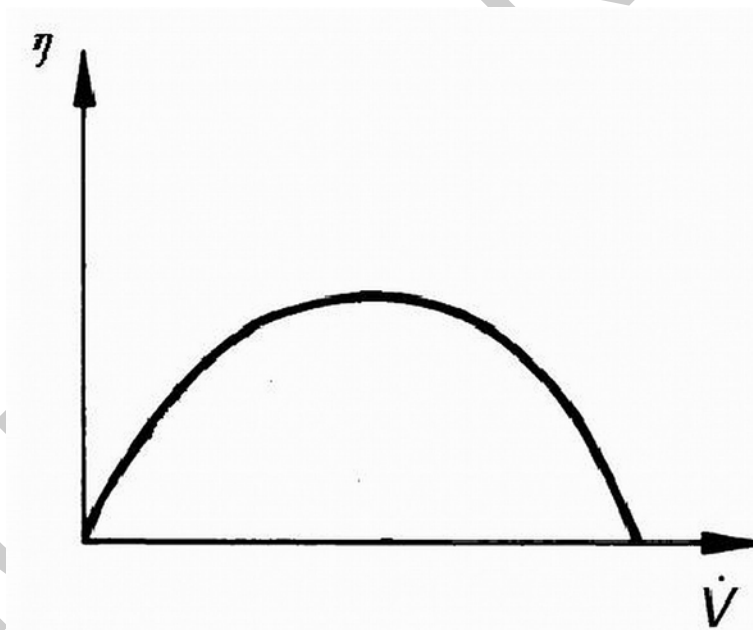
A szivattyú hatásfoka

Az összes teljesítmény a szivattyú által felvett teljesítmény. Figyelembe kell venni a különböző veszteségeket, amelyeket a hatásfokkal fejezünk ki.

A hatásfok a hasznos teljesítmény és az összes teljesítmény hányadosa:

$$\eta = \frac{P_h}{P_o},$$

ahol: η a hatásfok; P_o a szivattyú által felvett összes teljesítmény, W; P_h a hasznos teljesítmény, W.



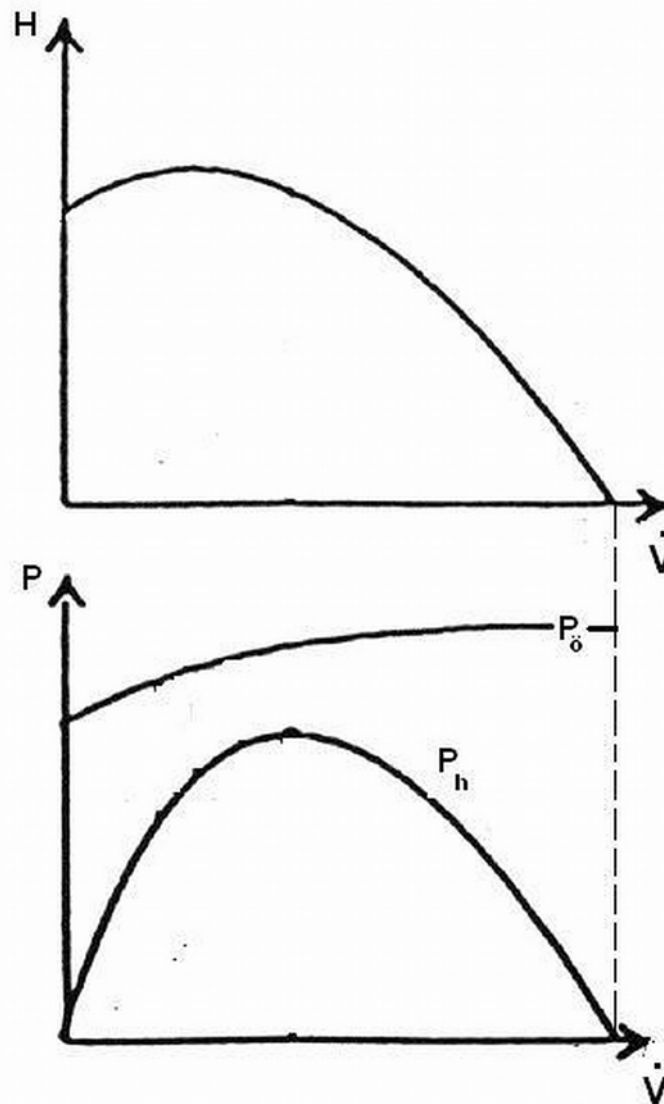
6. ábra A szivattyú hatásfoka

A szivattyú összes teljesítménye

A hatásfok ismeretében az összes teljesítmény számítása:

$$P_o = \frac{P_h}{\eta} = \frac{V \cdot \rho \cdot g \cdot H}{\eta}$$

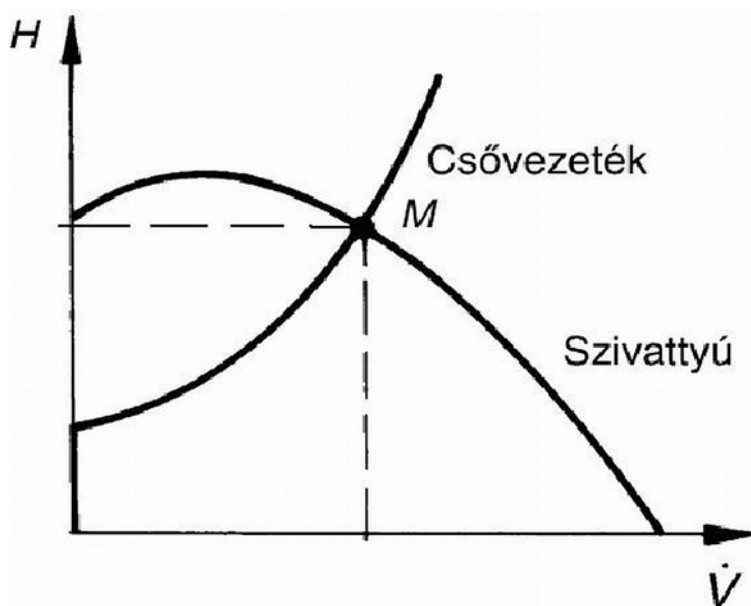
A hasznos teljesítmény, valamint az összes teljesítmény jelleggörbéje a 7. ábrán látható.



7. ábra A szivattyú hasznos- és összes teljesítmény jelleggörbéje

3. A munkapont

A szivattyú szállítási jelleggörbéje a szivattyú által közölt fajlagos energiát mutatja. A folyadék szállításához szükséges fajlagos energiát pedig a csővezeték jelleggörbe szemlélteti. Ha a két görbét azonos léptékben egy diagramon ábrázoljuk, metszéspontjuk azt az állapotot szemlélteti, amelynél a szivattyú által közölt fajlagos szállítási energia megegyezik a szállításhoz szükséges fajlagos energiával. Ha tehát egy adott csővezeték jelleggörbével jellemezhető csővezetékrendszert összekapcsolunk egy adott szivattyú szállítási jelleggörbével jellemzett szivattyúval, a rendszer a két görbe metszéspontjával jellemzett ponton működik. Ezt a közös pontot munkapontnak nevezzük (8. ábra.). Így a diagramról leolvasható a szállított folyadék mennyisége és a manometrikus szállítómagasság.



8. ábra A szivattyú munkapontja

A **munkapont** a csővezeték jelleggörbe és a szivattyú jelleggörbe metszéspontja. A munkapontban a **folyadék szállításához szükséges** fajlagos energia **megegyezik** a szivattyú által a **folyadékkal közölt** fajlagos energiával.

4. A folyadékszállítás szabályozása, a szivattyú üzemeltetése

A folyadékszállítás szabályozása fojtásos szabályozással

A folyadékszállítást leggyakrabban a csővezetékbe épített szelep segítségével szabályozzuk.

A szelepállás **csökkentésével** (zártabb szelepállás) **csökkenthető**, illetve a szelepállás **növelésével** (nyitottabb szelepállás) **növelhető** a szállított folyadék mennyisége.

Ezt a megoldást **fojtásos szabályozásnak** nevezzük.

5. A szivattyú jelleggörbéinek felvétele méréssel

Egy szivattyú jelleggörbéit méréssel lehet felvenni. A mérőhelynek rendelkeznie kell a szivattyúhoz kapcsolódó szabályozó szeleppel, a szivattyú után elhelyezett nyomásmérővel, egy mennyiségmérővel és egy wattmérővel.

A szivattyú után elhelyezett nyomásmérő a szivattyú által közöl nyomási energiát mutatja. A fajlagos nyomási energia a nyomásmérő által mutatott nyomásból számítható. Ez a fajlagos energia a manometrikus szállítómagasság.

A szivattyú által közölt fajlagos nyomási energia, a manometrikus szállítómagasság:

$$H = \frac{p}{\rho \cdot g},$$

ahol:

H a manometrikus szállítómagasság, J/N (m); p a szivattyú nyomóvezetékébe épített nyomásmérő műszer által mutatott nyomás, Pa; ρ a víz sűrűsége, kg/m³; g a nehézségi gyorsulás, m/s².

A wattmérő a szivattyú által felvett teljesítményt méri. Ez az **összes teljesítmény**.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A tananyagot a **következő lépésekben** sajátítsa el:

Olvassa el figyelmesen "A CENTRIFUGÁLSZIVATTYÚ ÜZEMELTETÉSE" részből az "1. Csővezeték jelleggörbe" című fejezetet, tanulja meg pontosan a bekeretezett, fontos fogalmakat, szabályokat, összefüggéseket.

Oldja meg az 1. és a 2. feladatot!

1. feladat

Egy atmoszférikus nyomású tartályból 0,002 m³/s mennyiségű vizet szállítunk egy 4 bar túlnyomású tartályba. A két tartály közötti szintkülönbség 5 m.

a/ Írja fel a Bernoulli törvényt a szállítás két pontjára. Az 1 pont az alsó tartály vízszintje, a 2 pont a felső tartály vízszintje, p_1 a nyomás az alsó tartályban, p_2 a nyomás a felső tartályban. Vegye figyelembe, hogy most a szállításhoz szállítási energiára (H fajlagos energiára) van szükség!

b/ Írja le, milyen részekből tevődik össze a szállításhoz szükséges fajlagos energia (H)!

c/ Írja fel, hogyan számíthatjuk ki a szállításhoz szükséges fajlagos energiaszükségletet (H), ha a veszteségektől eltekintünk!

d/ Számítsa ki a szállításhoz szükséges fajlagos energiát! Az 1 pont szintjét célszerű alapszintnek venni ($h_1 = 0$), és ha túlnyomásban számolunk, akkor $p_1 = 0$.

Bernoulli törvény az 1 és 2 pontra: _____

A szállításhoz szükséges energiák:

A szállításhoz szükséges fajlagos energia számítási összefüggése: _____

Számítás:

Adatok:

$h_1 =$

$h_2 =$

$p_1 =$

$p_2 =$

$H =$

2. feladat

Írja le, hogyan lehet egy csővezetékrendszer esetén kiszámolni a veszteségmagasságot, ha a csővezetékből történő szabad kifolyást is figyelembe vesszük!

$h_v =$

Olvassa el figyelmesen a "2. A szivattyú jelleggörbéi", a "3. A munkapont", a "4. A folyadékszállítás szabályozása, a szivattyú üzemeltetése" című fejezeteket, tanulja meg pontosan a bekeretezett, fontos fogalmakat, szabályokat, összefüggéseket!

Oldja meg az 3–5. feladatokat.

3. feladat

Írja le, hogyan változik a folyadékszállítás, ha a szelepállást csökkentjük, illetve növeljük!

Egészítse ki az alábbi meghatározásokat!

Ha a csővezetékrendszerbe épített szabályozószelep állását **csökkentjük**, a szállított folyadék mennyisége _____

4. feladat

Mutassa be jelleggörbék segítségével a fojtásos szabályozás megvalósítását!

Rajzolja le – jellegre helyesen – egy centrifugálszivattyú szállítási jelleggörbáját, majd a jelleggörbéjére rajzoljon rá egy csővezeték jelleggörbét és jelölje be a munkapontot!

Rajzoljon a diagramba az adott csővezeték jelleggörbéhez tartozó szelepállásnál kisebb (zártabb) és nagyobb (nyitottabb) szelepálláshoz tartozó csővezeték jelleggörbéket! Mutassa be az ábra alapján, hogy a zártabb szelepállás esetén kevesebb, a nyitottabb szelepállás esetén több folyadékot szállít a szivattyú! A csővezeték jelleggörbék rajzolásánál vegye figyelembe, hogy a zártabb szelepállás nagyobb veszteséget, míg a nyitottabb szelepállás kisebb veszteséget jelent.

5. feladat

A szivattyú indítása

Figyelje meg a centrifugálszivattyú által felvett összteljesítmény jelleggörbét! Az energiaviszonyokat vizsgálva, nyitott vagy zárt szelepállással kell indítani a szivattyút? Egészítse ki az alábbi meghatározást!

A centrifugálszivattyút szelepállással kell indítani, mert _____

Olvassa el az "5. A szivattyú jelleggörbe felvétele méréssel" című fejezetet, oldja meg a 6. feladatot.

6. feladat

Szivattyúval egy padlósinten elhelyezkedő atmoszférikus nyomású tartályból vizet szállítunk egy 12 m magasan elhelyezett 4 bar túlnyomású tartályba.

Határozza meg a csővezeték veszteségmagasságát és hidraulikus szállítómagasságát, ha a csővezeték átmérője 0,1 m, hossza 50 m!

A csősúrlódási tényező értéke: $\lambda = 0,02$, a csővezetékbe iktatott idomdarabok és elzárószerkezetek együttes veszteségtényezője: $\Sigma \xi = 32$. A víz áramlási sebessége 3,8 m/s.

Adatok:

$\Delta h =$

$\Delta p =$

$d =$

$l =$

$\lambda =$

$\xi =$

$v =$

Ha úgy érzi, **bizonytalan** a feladatok megoldásában, **tanulmányozza át még egyszer** a feladathoz tartozó fejezetet.

MEGOLDÁSOK

1. feladat

A Bernoulli törvény az 1 és 2 pontokra:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + H = h_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g}$$

Ahhoz, hogy a folyadék az 1 pontból eljusson a 2 pontba H fajlagos energiára van szükség. Az egyenlőség így csak akkor áll fenn, ha a 1 pontnál a fajlagos helyzeti és a fajlagos nyomási energiákhoz hozzáadjuk a H, szállításhoz szükséges fajlagos energiát.

A szállításhoz szükséges energiák:

a szintkülönbség legyőzésére fordítandó fajlagos energia,

a nyomáskülönbség legyőzéséhez szükséges fajlagos energia,

a veszteség legyőzésére fordítandó fajlagos energia.

A szállításhoz szükséges fajlagos energia számítási összefüggése (ha a veszteségeket nem kell figyelembe venni):

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + H = h_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g}$$

$$H = h_2 - h_1 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} - \frac{p_1}{\rho \cdot g}$$

$$H = (h_2 - h_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g}$$

Számítás

Adatok:

$$h_1 = 0$$

$$h_2 = 5 \text{ m} = 5 \text{ J/N}$$

$$p_1 = 0$$

$$p_2 = 4 \text{ bar} = 4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$H = (h_2 - h_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} = 5 \text{ J / N (m)} + \frac{4 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{10^3 \text{ kg / m}^3 \cdot 10 \text{ m / s}^2} = 45 \text{ J / N (m)}$$

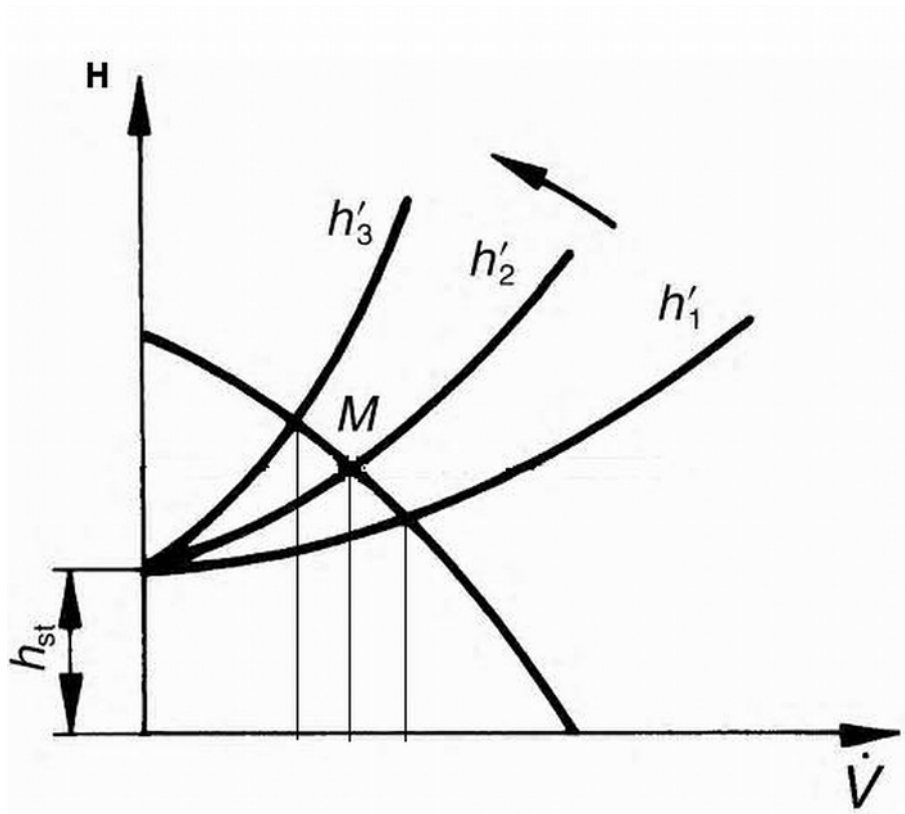
2. feladat

$$h_v = (\sum \lambda \cdot \frac{\ell_i}{d} + \sum \xi_i + 1) \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

3. feladat

Ha a csővezetékrendszerbe épített szabályozószelep állását csökkentjük, a szállított folyadék mennyisége csökken.

4. feladat



9. ábra. Fojtósos szabályozás

5. feladat

A centrifugálszivattyút zárt szelepállással kell indítani, mert ekkor a legkisebb a szivattyú által felvett teljesítmény, és ekkor van legkevésbé leterhelve a szivattyút működtető elektromotor.

6. feladat

Adatok:

$$\Delta h = 12 \text{ m}$$

$$\Delta p = 4 \text{ bar} = 4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$d = 0,1 \text{ m}$$

$$l = 50 \text{ m}$$

$$\lambda = 0,02$$

$$\xi = 32$$

$$v = 3,8 \text{ m/s}$$

$$h_v = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{v^2}{2g} = \left(0,02 \cdot \frac{50 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} + 32 \right) \cdot \frac{(3,8 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 30,9 \text{ m}$$

$$H_{\text{man}} = H_{\text{st}} + \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} + h_v =$$

$$= 12 \text{ m} + \frac{4 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} + 30,9 \text{ m} = 83,7 \text{ m}$$

Következő lépésként oldja meg az **Önellenőrző feladatokat**! Ha ezeket sikerül segítség nélkül megoldani, csak akkor lehet biztos benne, hogy kialakította az adott témában a munkája elvégzéséhez szükséges kompetenciákat.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

A csővezeték jelleggörbe

Mit ábrázol a csővezeték jelleggörbe? Egészítse ki az alábbi meghatározást!

A csővezeték jelleggörbe a

A szivattyú szállítási jelleggörbéje

Mit ábrázol a szivattyú jelleggörbéje? Egészítse ki az alábbi meghatározást!

A centrifugálszivattyú szállítási jelleggörbéje a szivattyú által a folyadékkal közölt a szállítómagasságot ábrázolja afüggvényében.

2. feladat

Kör keresztmetszetű, 30 mm átmérőjű, csőben 20°C-os vizet szállítunk egy alapanyagtartályból egy adagolótartályba. A két tartály között a szintkülönbség 2 m, a nyomáskülönbség 2 bar. Az áramló víz mennyisége percenként 120 liter. A cső hosszúsága 50 m.

a/ Határozza meg a folyadék áramlási sebességét!

b/ Határozza meg a Re-szám értékét, ha a víz kinematikai viszkozitása szállítás hőmérsékletén $1,02 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, a sűrűség 1000 kg/m^3 .

c/ Számítsa ki az egyenes csőszakasz veszteségmagasságát! Lamináris áramlásnál: $\lambda = \frac{64}{\text{Re}}$
turbulens áramlás esetén a csősúrlódási tényezőt válassza 0,021 értékűre!

d/ A csővezetékbe egy egyenesülékű szelep van beépítve. A szelep veszteségtényezője: $\xi = 12$. Hány bar nyomáskülönbséget mutatna a szelep két oldalának nyomáskülönbségét mérő műszer?

e/ Számítsa ki a csővezetékrendszer veszteségmagasságát! A szelepen kívül 4 db könyök van beépítve a csővezetékrendszerbe. Egy könyök veszteségtényezőjének értéke: $\xi=0,7$. A veszteségnél a kilépési veszteséget is figyelembe kell venni.

f/ Számítsa ki a manometrikus szállítómagasságot!

g/ Milyen teljesítményű elektromotor szükséges a vizet szállító szivattyú üzemeltetéséhez, ha a szállítási pontok között nincs szintkülönbség és nyomáskülönbség? A szivattyú összhatéfoka $\eta=75\%$ -os.



3. feladat (Mérési feladat)

Centrifugálszivattyú jelleggörbéinek felvétele

Feladat

Vegye fel egy centrifugálszivattyú jelleggörbéit.

A méréshez olyan mérőhely áll rendelkezésre, amely tartalmaz egy, a szivattyú után elhelyezett nyomásmérőt, egy áramlást szabályozó szelepet, egy mennyiségmérőt és egy wattmérőt, a szivattyú által felvett teljesítmény mérésére.

Határozza meg méréssel a szivattyú által közölt fajlagos energiát (a manometrikus szállítómagasságot, a szállított folyadék mennyiségét, valamint a szivattyú által felvett teljesítményt)! Ábrázolja diagrampapíron – egy diagramba rajzolva – a szivattyú jelleggörbéit: manometrikus szállítómagasság–folyadékszállítás, a hasznos- és az összes teljesítményszükséglet–folyadékszállítás, hatásfok–folyadékszállítás jelleggörbéket!

Információs lap

A mérés elvégzéséhez rendelkezésre álló idő:

A beadás határideje:

Mérés lépései (javaslat)

Ellenőrizze a mérőhely üzemre kész állapotát (kapcsolódások, szelepek helyzete stb.).

Helyezze üzembe a szivattyút.

Állítsa be a szabályozószeleppel a teljesen nyitott szelepállásához tartozó értéket. Olvassa le a szivattyú után elhelyezett nyomásmérő műszeren a nyomást, mennyiségmérő műszeren a szivattyú által szállított folyadék mennyiségét (a folyadékáramot) és a wattmérőn a szivattyú által felvett teljesítményt (az összes teljesítményt).

A mérést – a szabályozó szelep zárásával – ismételje meg 8–12 mérési ponton a teljes szelepszárásig.

Az adatokat foglalja táblázatba.

Ábrázolja diagrampapíron – egy diagramba rajzolva – a szivattyú jelleggörbéit: manometrikus szállítómagasság–folyadékszállítás, a hasznos- és az összes teljesítményszükséglet–folyadékszállítás, hatásfok–folyadékszállítás jelleggörbéket.

Készítsen a jegyzőkönyvbe vonalas vázlatot a mérőhelyről.

A mérésről készítsen jegyzőkönyvet.

Dokumentálás:

Jegyzőkönyv készítése

Értékelés szempontjai:

A mérés szakszerű végrehajtása, értelmezése

A jegyzőkönyv tartalmi és formai kivitele, értelmezése

A táblázat javasolt kivitele:

Sorszám	$\dot{V}$ m ³ /s	p, Pa	P, W	P, W	η
1					

2					
stb.					

Írja be az alábbi táblázatba a számításhoz szükséges összefüggéseket!

Kiszámítandó érték	Összefüggés
Szállítómagasság, H	
Hasznos teljesítmény, P_h	
Hatásfok, η	

MUNKANYAG

MEGOLDÁSOK

1. feladat

A csővezeték jelleggörbe

A csővezeték jelleggörbe a szállításhoz szükséges fajlagos energiát szemlélteti.

A szivattyú szállítási jelleggörbéje

A centrifugálszivattyú szállítási jelleggörbéje a szivattyú által a folyadékkal közölt fajlagos energiát, a manometrikus szállítómagasságot ábrázolja a szállított folyadékmennyiség függvényében.

2. feladat

Adatok:

$$\dot{V} = 120 \text{ liter/min},$$

$$d = 30 \text{ mm} = 0,03 \text{ m},$$

$$\Delta h = 2 \text{ m},$$

$$\Delta p = 2 \text{ bar} = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa},$$

$$= 1,02 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s},$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3,$$

$$\xi = 12,$$

$$\xi = 0,7,$$

$$\eta = 0,75,$$

$$\dot{V} = A \cdot v = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot v$$

a/

$$\dot{V} = \frac{120 \text{ l/min}}{60 \cdot 1000} = 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = \frac{\dot{V}}{\frac{d^2 \cdot \pi}{4}} = \frac{0,002 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{(0,03 \text{ m})^2 \cdot \pi}{4}} = 2,83 \text{ m/s}$$

$$\text{b/} \quad \text{Re} = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{2,83 \text{ m/s} \cdot 0,03 \text{ m}}{1,02 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 83235$$

az áramlás turbulens, $\lambda=0,221$

$$\text{c/} \quad h_v = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = (0,021 \cdot \frac{50 \text{ m}}{0,3 \text{ m}}) \cdot \frac{(2,83 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \approx 15 \text{ m}$$

$$\text{d/} \quad \Delta p = h_v \cdot \rho \cdot g = \xi \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \rho \cdot g = 12 \cdot \frac{(2,83 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 48069 \text{ Pa}$$

$\Delta p \approx 0,5 \text{ bar}$

$$\text{e/} \quad h_v = (\lambda \cdot \frac{l}{d} + \Sigma \xi + 1) \cdot \frac{v^2}{2g} = (0,021 \cdot \frac{50 \text{ m}}{0,3 \text{ m}} + 14,4 + 1) \cdot \frac{(2,83 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \approx 21 \text{ J/N (m)}$$

$$\text{f/} \quad H = \Delta h + \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} + h_v = 2 \text{ m} + \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2} + 21 = 43 \text{ J/N (m)}$$

$$\text{g/} \quad P = \frac{\dot{V} \cdot \rho \cdot g \cdot H}{\eta} = \frac{0,002 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 43 \text{ m}}{0,75} \approx 1125 \text{ W}$$

3. feladat

Kiszámítandó érték	Összefüggés
Szállítómagasság, H	$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g}$
Hasznos teljesítmény, Ph	$P_h = \dot{V} \cdot \rho \cdot g$
Hatásfok, η	$\eta = \frac{P_h}{P_o}$

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

Bertalan–Szabó: Műveleti laboratóriumi gyakorlatok, B+V Lap- és Könyvkiadó Kft., Budapest 2002.

AJÁNLOTT IRODALOM

Szabó László: Szakmai alapismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1994.

Bertalan–Fülöp–Molnár–dr. Kálmán: Géptan, KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda Kft., Budapest, 2000.

Pattantyús: A gépek üzemtana. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.

A(z) 2047–06 modul 027–es szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
52 524 01 0000 00 00	Kőolaj- és vegyipari géprendszer üzemeltetője
54 524 02 1000 00 00	Vegyipari technikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
22 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató