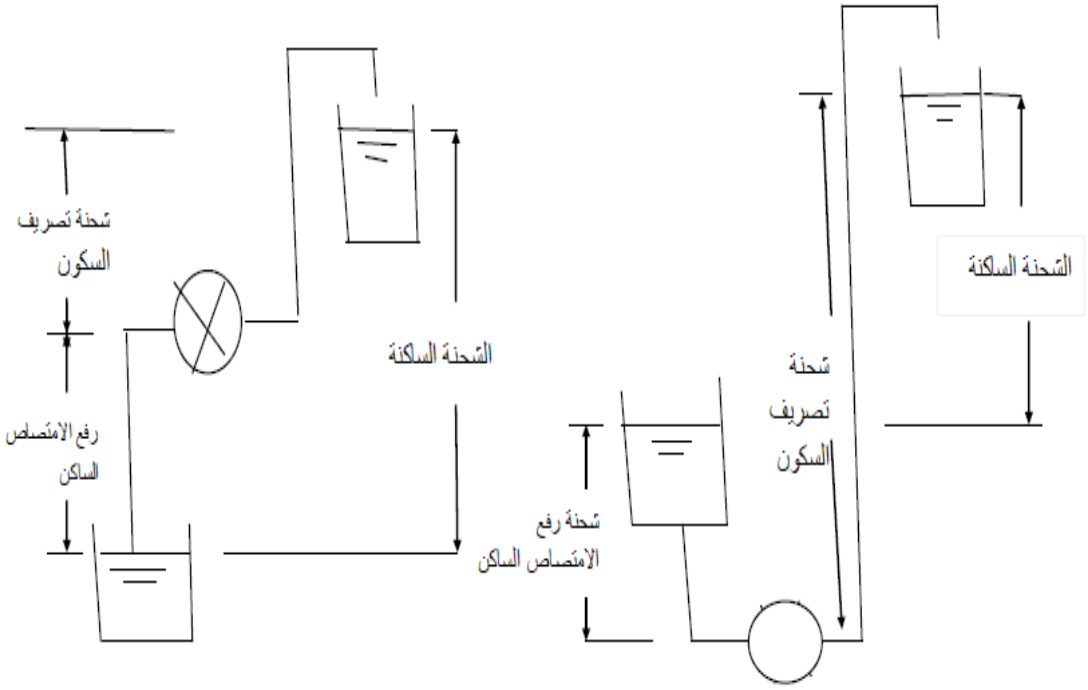
الضخ Pumping

يمكن استخدام المضخات في نقل المياه تحت ضغط من مصدر منخفض مثل المياه الجوفية ومياه الانهار او الاحواض الى المستهلكين او الى محطة معالجة المياه.
يجب تجهيز مضخات احتياطية حتى تتمكن محطات الاسالة من الاستمرار في عملها في حال العطل او التبديل .
للحصول على اعلى درجة من الامان فانه من المستحسن تشغيل الوحدات الاضافية على مصادر طاقة مختلفة مثلا الوحدات النظامية تعمل بالطاقة الكهربائية بينما الاحتياط تعمل على الديزل .

Total dynamic head =static head +head losses
Static head = الشحنة الساكنة
head losses=الفقدان بالشحنة

انواع الشحنة الساكنة Types of static head :

هنالك نوعين من حالات الشحنة الساكنة وكما يلي :
الشحنة الساكنة = شحنة تصريف السكون + شحنة رفع الامتصاص الساكن
الشحنة الساكنة = شحنة تصريف السكون- شحنة رفع الامتصاص الساكن
فيما يلي شكل يبين حالات الشحنة الساكنة



ضائعات الشحنة Head losses hf

هنالك ثلاثة أنواع من الضائعات بالشحنة وهي كل من(أطوال الانابيب واللواحق والسرعة) وكما يلي :

1- ضائعات الشحنة نتيجة اطوال الانابيب

يمكن قياس الضائع بالشحنة نتيجة لطول الانبوب بالمعادلة التالية : $\mathbf{hf= \frac{flv2}{2gd}}$

F: معامل الاحتكاك

L : طول الانبوب

V: السرعة

مثال 1: احسب ضائعات الشحنة نتيجة طول الانبوب لمضخة تصريفها $100m^3/day$ وقطر انبوب السحب هو 4 inch وطول الانبوب 275 m اذا كان معامل الاحتكاك f=0.05؟

Solution:

Diameter=4 inch*2.54 /100=0.1016 m

Q=100 m^3/day= 100/(24*60*60)=0.001157 m^3/sec

A=(3.14/4)*$(0.1016)^2$= 0.0081 m^2

V=Q/A=0.001157/0.0081=0.142 m/sec

hf=flv^2/2gd=0.05*275*$(0.142)^2$/(2*9.81*0.1016) = 0.140 m

2- ضائعات الشحنة نتيجة اللواحق :

يمكن قياس الضائع بالشحنة نتيجة لطول الانبوب بالمعادلة التالية : $hf= K\frac{v2}{2g}$

يمكن ايجاد قيمة K من جداول لكل ملحق قيمة او تعطى على شكل طول مكافئ .

مثال2 : احسب ضائعات الشحنة نتيجة اللواحق لمضخة تصريفها $100m^3/day$ وقطر انبوب السحب هو 4 انج ، ويوجد صمام كرة واحد وعكس 90^o عدد اثنان؟

Solution:

V=0.14288 m/sec

$V^2/2g=(0.14288)^2/2*9.81=0.00104$

Draw a table of the fitting :

ت	نوع الملحق	K	العدد	hf=K(V^2/2g)	∑
1	صمام كرة	6	1	6*1*0.00104	0.00624 m
2	عكس 90 درجة	3	2	3*2*0.00104	0.00624 m
					0.012487 m

3- ضائعات الشحنة نتيجة السرعة :

يمكن قياس الضائع بالشحنة نتيجة لطول الانبوب بالمعادلة التالية : $hf= \frac{v2}{2g}$

مثال 3: احسب ضائعات الشحنة نتيجة السرعة لمضخة تصريفها $100m^3/day$لنفس الانبوب ؟

Solution :

hf= $\frac{v2}{2g}$=0.00104 m

مثال 4: احسب ضائعات الشحنة الكلية نتيجة (طول الانبوب واللواحق والسرعة) للمضخة بياناتها مسجلة في الامثلة السابقة (1,2,&3) :

Solution :

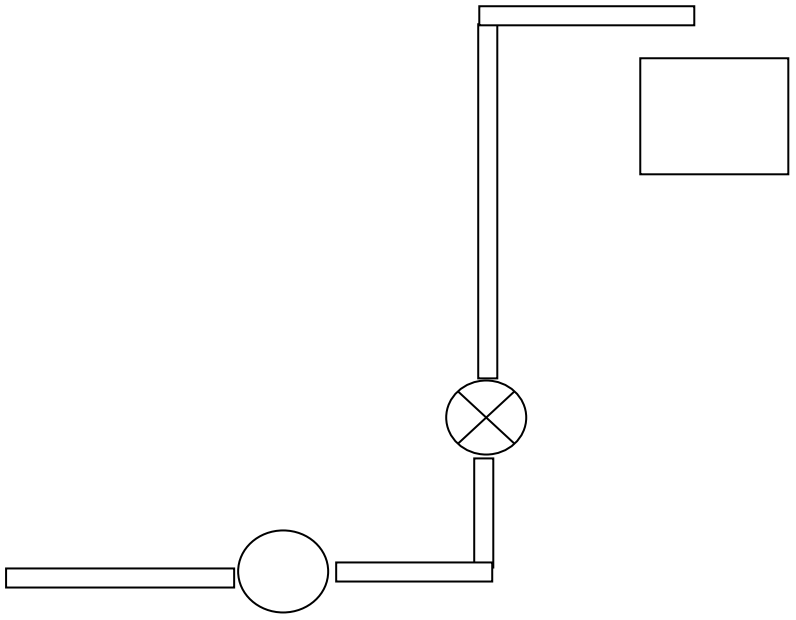
$hf=flV^2/2gd+ KV^2/2g+V^2/2g$

hf (Total losses) =0.14 +0.012487+0.00104=0.153m

operating point نقطة التشغيل

هي نقطة تقاطع منحني المنظومة مع منحني خواص المضخة او هو كمية التصريف والشحنة التي تجهزه المضخة .

مثال : يرفع ماء بواسطة مضخة تصريفها $100m^3/day$ لمسافة شاقولية مقدارها 40m اذا كان مساحة مقطع كل من الانبوب التصريف والامتصاص $0.0081\ m^2$ (اي قطره 4 انج) وبطول 120mكما في الشكل التالي . اوجد الشحنة الكلية عند تشغيل المضخة اذا كان معامل الاحتكاك f=0.015، ثم اعد حل السؤال عند تغيير التصريف الى ضعفين وثلاثة وأربعة اضعاف لنفس المنظومة ثم ارسم منحني خواص المنظومة ؟ ثم ارسم منحني خواص المضخة المجهزة بياناتها من قبل الشركة المصنعة للمضخة في الجدول ادناه ؟ وأخيرا اوجد نقطة التشغيل حاول ان ترتب الاجابة بشكل جدول .



$Q(m^3/d)$	pump properties
0	40.8
100	40.85
200	40.75
300	40.5
400	40.2

Solution:

Here is a calculation of the first raw as follow:

D=4 inch= 4*2.54/100=0.1016 m, f=0.05, L=120 m

fL/d= 0.05*120/0.1016=59

Q= 100 m^3/d= 100/(24*60*60)= 0.00115m^3/s

Q= 200 m^3/d= 0.0023 m^3/s

Q= 300 m^3/d=0.00347 m^3/s

Q =400 m^3/d=0.00347 m^3/s

K(V^2/2g)= (3*2+6)*(0.0010)=0.0120

Total losses= V^2/2g + fLV^2/2g+K V^2/2g

=0.0010+0.0590+0.0120 =0.072

Total dynamic head= 40+0.072=40.072

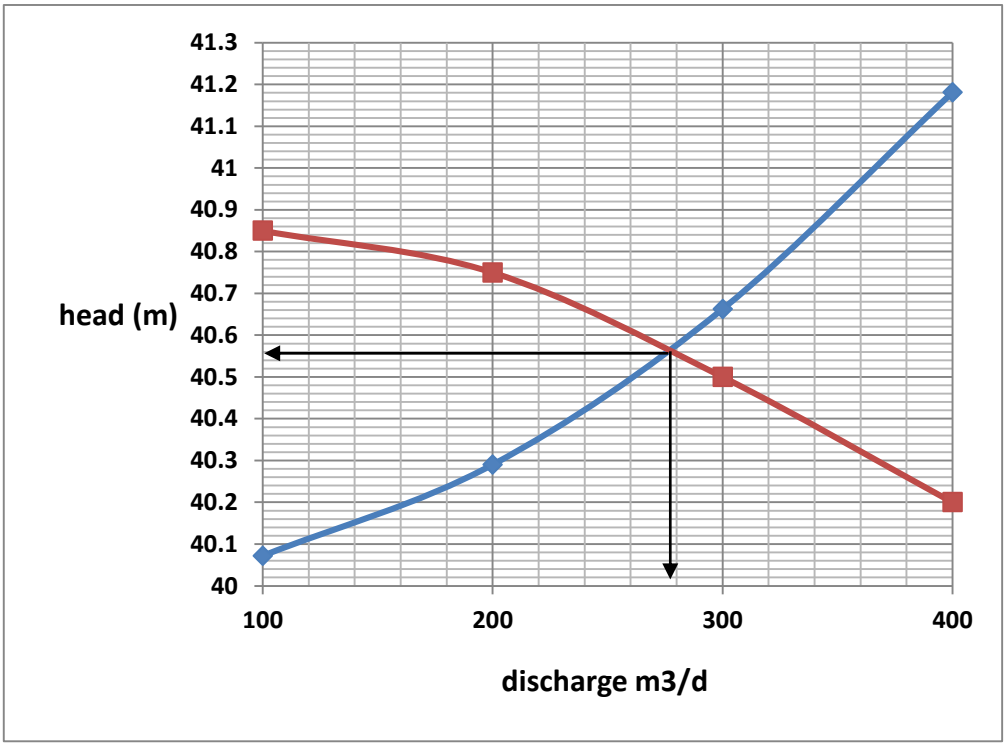
Now ; repeat the calculations for Q= 200, 300, 400 m^3/d as in Table below:

Dis.	Dis.	area		velocity		Length					
Q m^3/d	**Q m^3/s**	**A (m^2)**	**v=Q/A**	**V^2/2g**	**fL/d**	**fLV^2/2gd**	**K for valve**	**K for bend**	**KV^2/2g**	**Total head losses**	**Total dynamic head**
100	0.00115	0.0081	0.1419	0.0010	59	0.0590	6	6	0.0120	0.072	40.0720
200	0.0023	0.0081	0.2839	0.0041	59	0.2410	6	6	0.0492	0.2902	40.2902
300	0.00347	0.0081	0.4259	0.0092	59	0.5428	6	6	0.1104	0.6624	40.6624
400	0.0046	0.0081	0.5679	0.0164	59	0.9676	6	6	0.1968	1.1808	41.1808

Now ; Rearrange the calculations as in Table below :

Q(m^3/d)	**system properties**	**pump properties**
0	**40m**	**40.8**
100	40.0720	40.85
200	40.2902	40.75
300	40.6624	40.5
400	41.1808	40.2

Now draw the fig. and show the operating point :



The result: The operating point shows that this pump can held a discharge of 275 m3/d with a head reaches 40.55m.

قدرة الماء Pw

ان الشغل المنجز بواسطة مضخة = حاصل ضرب جريان كتلة الماء * الشحنة الكلية اللازمة لتحريك الماء

اي ان الشغل = التصريف * الشحنة الديناميكية الكلية

Pw=KQH

Pw = water power (Kw)

H= total head (m)

Q= discharge (m^3/min)

K=constant= 0.163 (Kw.min/m^3.m)

قدرة المضخة P_P تنتج من حاصل قسمة قدرة الماء على كفاءة المضخة وكما يلي: $Pp = \frac{Pw}{Ep}$

قدرة الماطور او المحرك الكهربائي P_m تنتج من حاصل قسمة قدرة المضخة على كفاءة الماطور وكما يلي: $Pm = \frac{Pp}{Em}$

او بمعنى اخر ان قدرة الماطور = حاصل قسمة قدرة الماء مقسوما على (Ep*Em) وكما يلي :

$Pm = \frac{Pw}{Ep*Em}$

مثال : أوجد قدرة الماء وقدرة المضخة وحمل المحرك لمنظومة مضخة لتصريف 1.89 m^3/min ضد شحنة المنظومة الكلية التي مقدارها 50 m افرض ان كفاءة المضخة والمحرك 80%؟

Solution:

Pw = KQH = 0.163*1.89*50 =15.4 kw

$Pp = \frac{Pw}{Ep}$ =15.4/0.8=19.25 kw

$Pm = \frac{Pp}{Em}$ =19.25/0.8=24.06 kw

مثال : أوجد قدرة الماء وقدرة المضخة وحمل المحرك لمنظومة مضخة لتصريف 1.89 m^3/min ضد شحنة المنظومة الكلية المكونة من (شحنة السكون الكلية 40m وشحنة ضائعات الاحتكاك 5m) افرض ان كفاءة المضخة 80% وكفاءة المحرك 75% ؟

Solution:

H=40+5=45 m

Pw = KQH

= 0.163*1.89*45 =13.8 kw

$Pp = \frac{Pw}{Ep}$ =13.8/0.8=17.25 kw , $Pm = \frac{Pp}{Em}$ =17.25/0.75=23 kw

مثال : أوجد السعة اللازمة لمحطة ضخ باستعمال البيانات التالية :

1- نفوس الناس = 200,000 cap.
2- الطلب اليومي للماء= 135 l/cap./d
3- منسوب الماء بالحفرة = 120 m
4- منسوب محطة التصفية =140m
5- مجموع ضائعات الاحتكاك = 2m
6- كفاءة المضخة 90% وكفاءة الماطور= 70%
7- عدد ساعات الضخ= 24 hr/d

Solution :

Pw = KQH

$Q=(135*2*10^5)/(1000*24*60) =18.75\ m^3/min$

H=140-12 0=20m,Total head =20+2=22m

Pw=0.163*18.75*22=67.23 kw

Pp=Pw/Ep=67.23/0.9=74.4

Pm=74.4/0.7=106.3 kw

مثال : المطلوب تشغيل مضخة انتباذية ضد شحنة كلية مقدارها 360 kpa وتصريف مقداره $1.1\ m^3/min$:

1- احسب قدرة الماء وقدرة المحرك مع العلم ان كفاءة المضخة 60% اذا كانت كفاءة المحرك الكهربائي 85% ؟
2- احسب الكلفة الشهرية للتشغيل لنفس المضخة (اي نفس الشحنة) اذا كان معدل الجريان اليومي $750\ m^3$ وكلفة التيار 1.5 سنت لكل كيلوواط/ ساعة ؟

Solution:

A))

P=ɣ H

360 = 9.81 H ; H= 36.7 m (1m head= 9.8 kpa)

Pw=KQH

Pw=KQH = 0.163*1.1*36.7=6.58 kw

Pp=Pw/Ep=6.58/0.6=10.96 kw

Pm=Pp/Em=10.96/0.85=12.9 kw

B))

Q= 750 m^3/d=750/(24*60)=0.52 m^3/min

Pw=KQH = 0.163*0.52*36.7=3.1 kw

Pm=Pw/(Ep*Em) =3.1/(0.6*0.85)=6.1 kw

1.5 cent/kw/hr=(1.5/100)*24=0.36 $/kw/d

0.36 $/d*30=10.8 $/kw/month

10.8($/kw/month)*6.1 kw=65.8 $/month

صافي شحنة الامتصاص الموجبة

Net pressure Suction Head NPSH

صافي شحنة الامتصاص الموجبة على نوعين :

1- المتوفرة Available وتعني مجموع الضغط الجوي وضغط السكون عند مدخل المضخة مطروحا منه ضغط بخار الماء والضائعات في الانبوب واللواحق .

2- المطلوبة Required توضع من قبل مصممي المضخة (قيمة جاهزة) .

عندما تهبط قيمة NPSH ادنى من القيمة المطلوبة لتصميم المضخة وعند وصول الضغط خلال عين الدفاعة الى ضغط بخار المائع سيتبخر الماء وسيدخل خليط البخار والماء الى داخل المضخة وبما ان المضخة مصممة لنقل السوائل فإنها تعد غير ملائمة لضخ الغاز وسيكون عمل المضخة في هذه الحالة بطاقة منخفضة مع تكوين فقاعات في عين الدفاعة وتعمل على ارتطام الماء بالدفاعة ويرافق هذه الظاهرة حصول ضوضاء وفرقعة وتسبب نخر في اسطح الدفاعة .

IF NPSH Required > NPSH available pump not work

جدول يبين مقدار الفقدان في الشحنة مع الارتفاع

Height		pressure	
m	**Ft**	**KPa Kp**	**H_2O ft**
0	0	101	33.9
305	1000	98	32.8
457	1500	96	32.1
610	2000	94	31.5
1220	4000	88	29.2
1830	6000	81	27.2
2439	8000	75	25.2
3049	10,000	70	23.4
4573	15,000	57	19.2

جدول يبين مقدار الفقدان في الشحنة مع ارتفاع درجة الحرارة

Temp.	F	Kpa Kv	H_2O ft
0	32	0.61	0.204
4.4	40	0.84	0.281
10	50	1.23	0.411
15.6	60	1.76	0.5911
21.1	70	2.5	0.838
26.7	80	3.5	1.27
32.2	90	4.8	1.61
37.8	100	6.5	2.19
43.3	110	8.81	2.95
48.9	120	11.7	3.91
54.4	130	15.3	5.13
60	140	15.9	6.67

ملاحظة : يتم تقليل الضغط الناتج من الجدول نتيجة الارتفاع بمقدار 3.5 Kpa نتيجة ظروف الضغط الواطئ المحتمل .

مثال : افرض ان محطة ضخ ماء بارتفاع 500m تستعمل المضخات التي تتطلب 30 kpa ضغط امتصاص موجب NPSH عند تصريف ماء درجة حرارته 30 درجة مئوية ، ما هو رفع الامتصاص الموجب لهذه المضخات عندما تكون ضائعات المدخل والاحتكاك 15kpa = Phf ؟

Solution:

From height table , the atmos. Pressure Kp= 95.4 kpa

This value should be reduced due to low pressure by 3.5 Kpa

Kp net =95.4 -3.5 =91.9 kpa

From Temperature table ; water vapor pressure Kv =4.3 kpa

NPSH ava.=Kp net-Kv- Phf- Ps

NPSH req. = NPSH ava

30=91.9-15-4.3-Ps

30=91.9-15-4.3-Ps

Ps=42.6 kpa and this value equal suction lift =4.35 m

Note ; if we need higher suction lift we need another pump

The pump gives low capacity as NPSH ava. Reduced .

مثال : ماذا سيكون الاختلاف المسموح الاعظم في الارتفاع بين سطح الماء في منشأة ومدخل مضخة تحت الظروف التالية :

الارتفاع 1000m ، درجة حرارة الماء العظمى $=25^0C$ ، الجريان $=2m^3/min$ ،

انبوب المدخل $=150mm$ ، ضائع المدخل $hf=v^2/2g$ ، $NPSH_{req}=40$ kpa

Solution:

$A= (3.14/4)*d^2= (3.14/4)*(150/1000)^2=0.0176\ m^2$; $Q=2/60=0.033\ m^3/sec$

$V=Q/A= 0.333/0.0176=1.894$ m/sec

$hf=V^2/2g= \frac{(1.849)2}{2*9.81} = 0.181m$

$p=\gamma h$

$P_{hf}=9.8*0.181=$1.77 kpa

Fined Kp by interpolation as flows :

Δ height	*Δ pressure*
1220-610=610	*94.88*
1000-610=399	*X*

*X=6*390/610=3.8 ;*

So: Kp= 94-3.8=91.1 Kpa

Kp net =91.1-3.5 =87.6 kpa

Fined Kv by interpolation as flows :

Δ Temp.	Δ pressure
26.7-21.1=5.6	3.5 -2.1=1
25-21.1= 3.9	X

X=1*3.9/610=0.69 kpa ;

So: Kv= 2.5+0.69 =3.2 Kpa

NPSH Required = NPSH available

40= 87.6 -3.2 -1.77 - Ps , Ps=41.6 kpa

$P=\gamma h$, $41.6=9.8*h$, $h=4.24$ m H_2O

مثال : افرض ان محطة ضخمة بارتفاع 500m تستعمل المضخات التي تتطلب 30 kpa ضغط امتصاص موجبة NPSH عند تصريف ماء درجة حرارته 30 درجة مئوية . ما هو رفع الامتصاص المطلوب لهذه المضخات عندما تكون ضائعات المدخل والاحتكاك $P_{hf}=15$ kpa؟

Solution :

NPSH required =30 kpa

From table ; Kp=95.4 ; Kp net= 95.4-3.5=91.9 kpa

Decrease 3.5 from atmo. Pressure ; 95.4-3.5=91.9 kpa

From NPSH available =

(Atmosphere pressure -friction losses -vapor pressure –PS)

From table ; Kv= 4.3 kpa

30=91.9-4.3- 15-Ps

Ps=42.6 kpa

P=ɣh , 42.6=9.8*h , H=4.34 m

Note: if we need higher suction , we need another pump.

ربط المضخات

اولا : ربط المضخات على التوالي

عند ربط المضخات على التوالي فان قيمة الشحنة hf سوف يتضاعف من الناحية النظرية ولكن عمليا فان هذه الحالة لا تصل الى الضعف وتبقى قيمة التصريف ثابتة اما من الناحية العملية فان التصريف سوف يزداد بمقدار قليل .

ثانيا : ربط المضخات على التوازي

من الناحية النظرية فان التصريف سوف يتضاعف وتبقى الشحنة ثابتة اما من الناحية العملية فان التصريف لا يصل الى الضعف والشحنة تزداد بمقدار قليل