

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI
Meslekî ve Teknik Öğretim Okullarına
ait ders kitapları

Mal Bilgisi I.	M. Ekrem Uzümeri	1200
Mal Bilgisi II.	M. Ekrem Uzümeri	800
Organik Kimya	Hüseyin Bezmek	510
Alış Veriş İşleri	Ayşer Beşiroğlu	200
Meslek Resmi	Ali Osman Aydın	675
Malzeme IV	Mustafa Tuğ	350
Tesviyecilik Meslek Teknolojisi II.		280
Tesviyecilik Meslek Teknolojisi III.		220
	M. Yasar - S. Lâlik - F. Alav	
Elektrikçilik Meslek Teknolojisi II.		350
	S. Develi - H. Kaban	
Sınai Kimya	Dr. A. R. Bekman	250
Teknikte Fizik ve Kimya	Dr. Süreyya Aybar	165
Endüstride Normlaştırma	Hüseyin Ünsal	100
Ağaç İşleri Meslek Teknolojisi I. Cafer Taner		150
Ağaç İşleri Meslek Teknolojisi II. Suphi Özadalı		120
Hukuk Bilgisi	I. Hakkı Ülgen	230
Makine Elemanları	Dr. M. Ali Oksal	250
Teknik Resim	Ali Osman Aydın	450
Ağaç İşleri Meslek Resmi	Kemal Dinçel	600

Millî Eğitim Bakanlığı yayınevleriyle bütün
kitapçılarda satılmaktadır.

№ 4392

F. 330 Kuruş

SATIŞ VE DAĞITIM YERİ: İstanbul'da Devlet Kitapları Müdürlüğü
ve illerde Millî Eğitim Bakanlığı Yayınevleri

278

MESLEKİ VE TEKNİK ÖĞRETİM OKULLARI DERS KİTAPLARI

UYGULANMIŞ MEKANİK
IV

HİDROLİK MAKİNELER

(ERKEK SANAT ENSTİTÜLERİ BEŞİNCİ SINIF)

Yazan :
Sıtkı Lâlik



DEVLET KİTAPLARI

MİLLÎ EĞİTİM BASİMEVİ — İSTANBUL

MESLEKİ VE TEKNİK ÖĞRETİM OKULLARI DERS KİTAPLARI

UYGULANMIŞ MEKANİK
IV

HİDROLİK MAKİNELER

(ERKEK SANAT ENSTİTÜLERİ BEŞİNCİ SINIF)

Yazan :

Sıtkı Lâlik



DEVLET KİTAPLARI

MİLLÎ EĞİTİM BASİMEVİ — İSTANBUL 1969

**Mesleki ve Teknik Öğretim
Okulları Kitapları:**

Genel No. 88
Seri A No. 50

Bu ders kitabı, Millî Eğitim Bakanlığı Teknik Öğretim
Yayımları Komisyonu tarafından hazırlanmıştır.

Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulunun 4/XI/1959 tarih ve 298 sayılı kararıyle Erkek Sanat Enstitülerinin 5 inci sınıfları için ders kitabı olarak kabulü uygun görülmüş, Yayımlar ve Basım Eğitim Malzemeleri Genel Müdürlüğünün 9/IX/1969 tarih ve 14624 sayılı emriyle dördüncü defa olarak 5000 adet basılmıştır.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa		Sayfa
ÖNSÖZ	1	Bir sevk kanalının debisini bulmak	25
HİDROLİK	1	Su değirmeniyle hızın ölçülmesi	26
Tanıtma	1	Su borularında yük kaybı	27
Basınç	1	Yük kaybının gösterilmesi	28
Kap dibine gelen kuvvet	1	Yük kaybının hesaplanması	29
Yanal çeperlere gelen kuvvet	3	Abaklar	32
Paskal Prensipleri	5	Basma borusu	32
Hidrolik akümülatörler	6	Su tulumbası için lüzumlu motor gücünü bulmak	33
Hidrolik asansör	7	Ani kesit değişmelerinin sebep olduğu yük kayıpları	36
Hidrolik pres	7	Dirsekler	37
Arşimet prensibi	10	Sorular	37
Arşimet prensipi	10	Ahştırmalar	38
Yüzen cisimlerin dengesi	11	TULUMBALAR	41
Şamandıralı su göstergesi	12	Tanıtma	41
Denizaltı gemileri	12	Tulumbaların genel tasnifi	41
Sorular	13	HACİMSEL TULUMBALAR	41
Ahştırmalar	13	Pistonlu tulumbalar	41
HİDRODİNAMİK	16	Basit etkili emme tulumba	41
Tanıtma	16	Emme yüksekliği	42
Bernouilli teoreminin sonuçları	18	Emme - Basma tulumba	44
AKIŞKAN HIZININ ÖLÇÜLMESİ	19	Endüstri tulumbaları	44
Pitot aygıtıyla hızın ölçülmesi	19	Çift etkili tulumba	44
Venturi sayacı	20	Diferansiyel tulumba	45
Suyun ince çeperli menfezden akması	22	Pistonlu tulumbalarda güç ve randıman hesabı	46
Oluklar	22	Hacimsel randıman	47
Silindirik dış oluk	23	Gücün ve dinamik randımanın hesaplanması	47
Kısa yakınsak oluk	23	Pistonlu tulumbalarda debinin düzenleştirilmesi	50
Vanalar	23		
Dip vanası	24		
Savaklar	24		

	Sayfa		Sayfa
Basit etkili tulumba	50	İç kayıplar	74
Çift etkili tulumba	52	Tulumba özelliklerinin tayini	76
Aynı devitgen mile manivelâları 90 derece inhıraflı bağlanmış çift et- kili iki tulumba	52	Q debisini ölçmek	76
Aynı devitgen mile 120 şer derece inhıraflı bağlanmış basit etkili üç tulumba	53	H manometrik yüksekliğini ölçmek	76
Hava hazneleri	54	Çekilen G gücünü ölçmek	76
Buhar makinasıyla çalıştırılan tu- lumbalar	55	Randımanı ölçmek	77
Pistoulu tulumbaların hızı	56	Özgül hız	78
Dişli çarklı tulumbalar	57	Özgül dönme hızı n_g nın târifi	78
Dış dişli çarklı tulumbalar	57	Tek ve çift emmeli santrifüj tulum- ba örnekleri	79
Root tulumbası	58	Eksenel itme	80
Debinin hesaplanması	59	Kavitasyon	80
Behrens tulumbası	60	Kavitasyonu tanıtan işaretler	80
Grandl tulumbası	60	Basınç eğrisinin düşmesi	81
Yarı döner paletli tulumbalar	61	Kavitasyonu önleme çareleri	81
Debinin hesaplanması	62	Çok hücreli tulumbalar	81
Döner paletli tulumbalar	62	İki kısım halinde uzunlamasına ay- rılmış tulumba gövdeleri	82
Sorular	64	İki yanaklı tulumba gövdesi	83
Alıştırmalar	65	Disk biçimli tulumba gövdesi	84
TÜRBİNLİ TULUMBALAR		Sorular	84
Tanıtma	67	Alıştırmalar	85
Türbinli tulumbaların tasnifi	67	SU DÜŞMESİNİN DÜZENLENMESİ	
Santrifüj tulumbalar	67	Giriş	87
Helisel tulumbalar	68	Nehir suyu üzerinde yapılan tesis	87
Heliko - santrifüj tulumbalar	68	Sevk kanaliyle meydana getirilen tesis 88	
Santrifüj tulumbaların rotorları	68	Sevk kanalı ve cebri boru ile mey- dana getirilen tesis	90
Heliko - santrifüj tulumbaların ro- torları	69	Cebri boru	90
Helisel tulumbaların rotorları	69	Düşen suyun vereceği gücü hesap- lamak	92
Santrifüj tulumbaların difüzörleri	70	Sorular	94
Heliko - santrifüj tulumbaların di- füzörleri	71	Alıştırmalar	95
Helisel tulumbaların difüzörleri	72	SU TÜRBİNLERİ	
İşleyişin Bernoulli teoremiyle açık- lanması	72	Tanıtma	96
Dış kayıplar	74	Modern türbinler	96
		Yüksek su düşmesi	96
		Orta su düşmesi	97
		Alçak su düşmesi	98

	Sayfa		Sayfa
Türbinin seçilmesi	98	Çıkış borusunun randımanı	116
Pelton türbini	100	Kavitasyon	116
Prencip	100	Grupların tertiplenmesi	117
Dağıtıcı	101	Uskur türbinleri	118
Çark yahut rotor	102	Alçak su düşmesi için Francis türbi- bininin uğradığı değişiklik	118
Düzenleme	104	Dağıtıcı	118
Grupların tertiplenmesi	106	Çark	119
Düşey Pelton türbini	106	Difüzör	121
Francis türbini	106	Türbinlerin randımanı	121
Prencip	106	Kayıpların kıyaslanması	123
Dağıtıcı	108	Alıştırmalar	123
Çark	112	Sorular	124
Çıkış borusu (Difüzör)	114		

ÖNSÖZ

Olgunluk çağına gelmiş sayılan son sınıf öğrencilerinin genel bilgilerini mesleki bakımdan değerlendirmeye fırsat veren en önemli derslerden biri hiç şüphe yok ki, Uygulanmış Mekanik'dir.

Mevzulara göre dört ayrı ders kitabı halinde hazırlanan eserdeki bilgilerin haftada 4 saatten bir ders senesi içersinde son sınıf öğrencilerine hazmettirilerek öğretilebileceği tecrübe ile anlaşılmış bulunmaktadır. *Bu der-si haftada iki saat gören öğrenciler, kitaplarda italik karakterle yazılan kısımları, programlarında bulunmadığı için, okumazlar. Bu suretle onlar da kendilerinin sorumlu bulundukları mevzuları bir ders yılı içersinde rahatça sindirebilirler.*

Kitapları kabartan sayfaların çoğu, yetişkin öğrencilerin kendi başına okuyup anlayabileceği teknolojik bilgilerden ibarettir. Bu itibarla sadece esasa taallük eden kısımlar sınıfta açıklanmalı, diğerleri ise ders dışında öğrenciler tarafından önce hazırlanmalıdır. İyi kavranmadığı anlaşılan kısımlara ayrıca temas edilmesi gayet tabiidir.

Müstakbel iş adamına şahsiyet kazandıran ve becerikliliği artıran aktif metot sayesinde dersler çabuk ilerleyeceği gibi belletilmek istenen makine ve cihazların hakikilerini gidip yerinde görmeğe vakit ve fırsat da kalır.

Uygulanmış Mekanik derslerinde görülen makinelerden her hangi biriy-le sanatkâr iş adamı, tamir ve işletme vesilesiyle, mutlaka karşılaşır. Bu sebeple oldukça geniş ve çeşitli konuları gösterirken ezberci usullere asla iltifat etmemelidir. Öğrenci mevcut şemalar üzerinde her hangi bir makine veya cihazın işleyişini kavrayarak anlatabilirse, maksat hâsıl olmuş demektir. Bununla beraber basit bazı şemaların öğrenci tarafından çizilebilmesi de lüzumlu ve faydalı olur.

Bu kitapta **HİDROLİK MAKİNELER** hakkında öğrencinin seviyesine ve programlarına uygun olarak gerekli bilgileri vermeğe çalıştım.

Memleketimizin endüstri sahasında kaydettiği ilerlemeler, bilhassa yeni kurulan muhtelif güçlerdeki hidrolik ve termik santrallerle demir, deniz, hava ve karayollarının türlü devitgen makine ve cihazları, pratik kabiliyeti yüksek, bilgili elemanlara olan ihtiyacı son derece artırmıştır.

Bu Uygulanmış Mekanik kitapları hitap ettiği orta dereceli teknik ele-manlara okul sıralarında olduğu kadar iş hayatında da yardımcı olabilirse, bundan duyacağım mânevi zevk, en büyük mükâfatımı teşkil edecektir.

Yazan

HİDROLİK

Sıtkı Lâlik

Tanıtma:

Sükûnet ve hareket halindeki sıvıların ve bilhassa suyun genel özelliklerini inceleyen bilim dalına *hidrolik* denir.

Sükûnet halindeki sıvıları inceleyen bahis *Hidrostatik*; hareket halindeki sıvıları inceleyen bahis ise *Hidrodinamik* adını alır. Hidrodinamiğin açıklanması daha güç olan olaylarını kavramak için hidrostatik prensiplerini iyi bilmek lâzımdır.

Basınç:

Birim yüzeye gelen kuvvete basınç denir. Dik kesit alanı 1 dm^2 olan bir kabın içerisine 1 dm yüksekliğe kadar su dolduralım. Bu kabın yatay olan dibine gelen basınç: $p = 1 \text{ kg/dm}^2$ olur (Şekil: 1). Eğer basınç cm^2 ye kilogram-ağırlık olarak elde edilmek istenirse:

$$p = 1 \text{ kg/dm}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$$

Bu kabın içerisine 2 dm yüksekliğe kadar su doldurulursa, bu dibe gelen basınç:

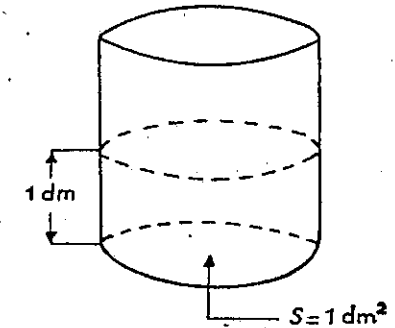
$$P = 2 \text{ kg/dm}^2 = 0,02 \text{ kg/cm}^2 \text{ olur.}$$

Gelen basıncının 1 kg/cm^2 olması istenirse, kabın içerisine 100 dm yüksekliğe kadar su doldurmak gerekir. Bu takdirde:

$$P = 100 \text{ kg/dm}^2 = 1 \text{ kg/cm}^2 \text{ olur.}$$

Kab dibine gelen kuvvet:

Bir kabın yatay olan dibine içinde bulunan sıvıdan dolayı gelen kuvvet, tabanı dip alanına, yüksekliği ise dip ile serbest sıvı yüzü arasındaki uzaklığa eşit bir sıvı silindirisinin ağırlığı kadardır.



(Şekil: 1) Basınç su yüksekliği ile orantılıdır.

Dip alanı cm^2 olarak S , dipden itibaren sıvı yüksekliği cm olarak h ve sıvının özgül ağırlığı kg/cm^3 olarak ω ile gösterilirse, dibe gelen kuvvet kg -ağırlık olarak aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$F = \omega \cdot S \cdot h$$

Bu formüle göre, dibe gelen kuvvet, h yüksekliğile orantılıdır.

Misal:

Bir cıva kabının tabanı dairesel olup iç çapı $d = 10 \text{ cm}$ dir. Dipten itibaren cıvanın serbest yüzüne kadar olan uzaklık: $h = 20 \text{ cm}$ ve cıvanın özgül ağırlığı $\omega = 0,0136 \text{ kg/cm}^3$ dir.

Sorulanlar:

- a — Kap dibine gelen kuvvet kaç kg -ağırlıktır?
- b — kg/cm^2 olarak basınç ne kadardır?
- c — Aynı basıncı su ile elde etmek gerekseydi h yüksekliği ne olurdu?

Çözülüş:

$F = \omega \cdot S \cdot h$ formülünden faydalanılır.

$$\omega = 0,0136 \text{ kg/cm}^3, \quad h = 20 \text{ cm}, \quad S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4}$$

$$a — F = 0,0136 \cdot \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} \cdot 20 = 21,352 \text{ kg}$$

$$b — p = \frac{F}{S} = \frac{21,352 \cdot 4}{3,14 \cdot 10^2} = 0,27 \text{ kg/cm}^2$$

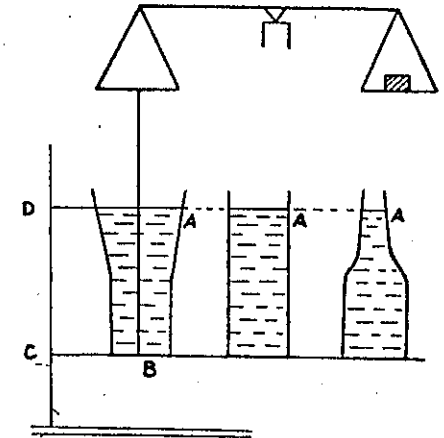
c — Su cıvadan 13,6 defa daha hafif yani daha az yoğun olduğundan, aynı basıncı yapabilecek su yüksekliği, cıva yüksekliğinin 13,6 katı olmalıdır.

$$h = 20 \cdot 13,6 = 272 \text{ cm-su}$$

Dikkat:

Bir kabın yatay olan dibine gelen kuvvet, denemeler ile de anlaşıldığı gibi kabın biçimine bağlı değildir. Nitekim (şekil: 2) de aynı tabanlı olan çeşitli kaplar verilmiştir. Bunlardaki aynı cinsten sıvıların diplerden olan yükseklikleri aynı ise diplerde gelen kuvvetler de aynı olur.

Aşağıdaki deneme ile bu husus ispatlanabilir. Tabanları aynı yüzeye sahip kapların dibini, bir cam levha ile, (Şekil: 2) de görüldüğü gibi terazinin öbür kefesine ağırlık koyarak kapatmak mümkündür. Kabin içersine yavaş yavaş su koyarak, D göstergesiyle hangi yükseklikte B cam kapağının kaptan ayrılacağı tesbit edilebilir. Kefedeki ağırlık değiştirilmeden aynı deneme diğer kaplar için tekrarlanırsa cam kapağın aynı yükseklikte su konduğu zaman kaplardan ayrıldığı görülür.



Yanal çeperlere gelen kuvvet:

Bir sıvının yanal düzlem çeperlere yaptığı tesir; tabanı yanal çeper alanına, yüksekliği ise çeperin ağırlık merkezinden serbest sıvı yüzeyine olan uzaklığa eşit bir sıvı silindirin ağırlığına eşittir.

Şekil: 2) Tabanları aynı olan farklı biçimlerdeki kaplara aynı yükseklikte konan aynı cins sıvılar aynı basıncı yaparlar.

Misal:

Bir düşey vananın üst kenar hizasına kadar su bulunmaktadır (şekil: 3).

- a — Vana boyutlarına göre, suyun itme kuvvetini hesaplayınız.
- b — Vananın ağırlığı 500 kg dır buna göre; bunu kayıtları arasında yukarı doğru kaydırmak için gerekli kuvveti hesaplayınız. Vana kızaklarının kayıtlarla olan sürtünme katsayısı $f=0,2$ dir.

Çözülüş:

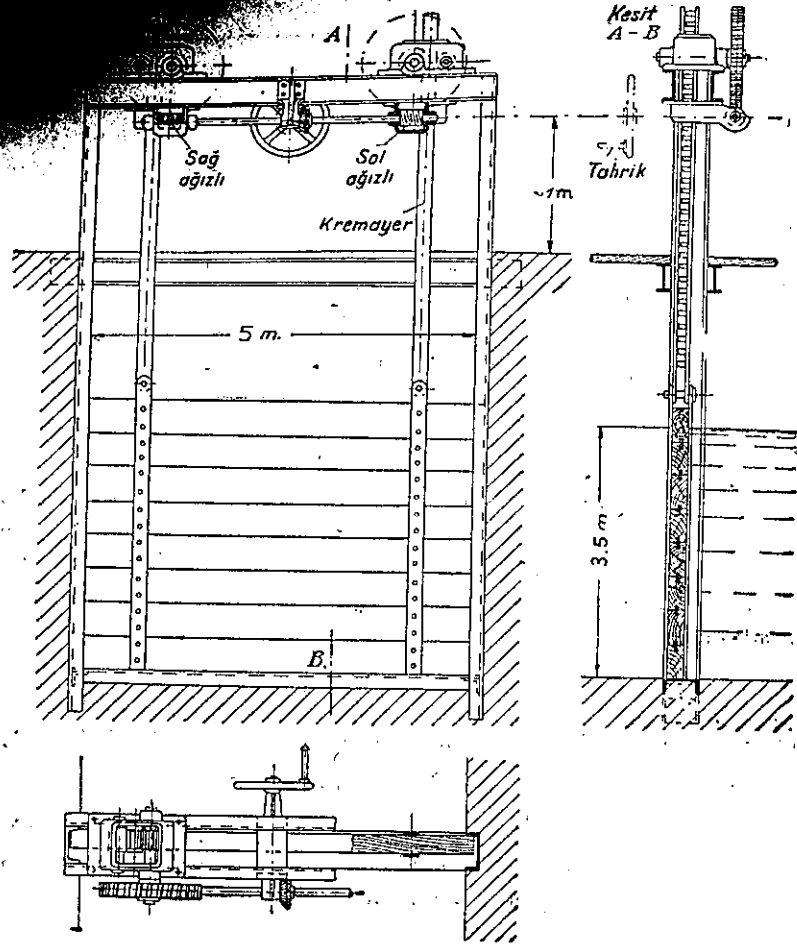
a — vana, yanal bir çeper teşkileder. Yukardaki açıklamaya göre buna gelen kuvvet:

$$F = \omega \cdot S \cdot h$$

$$\text{Burada: } S = 3,5 \cdot 5 = 17,5 \text{ m}^2, \quad h = 1,75 \text{ m}, \quad \omega = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$F = 1000 \cdot 17,5 \cdot 1,75 = 30625 \text{ kg}$$

b — Vananın ağırlığı $A = 500 \text{ kg}$, vana kızaklarını kayıtlara yapıştıran kuvvet ise suyun itme tesirine yani $F = 30650 \text{ kg}$ a eşittir. Vanayı yu-



(Şekil: 3) Düşey vana, bir kanalın suyunu tutmak için konulmuş bir kapak olup vida somun tertibatlı bir cihazla aşağı yukarı hareket ettirilebilir.

karı doğru kaydırmak için ağırlığından başka, kayma sürtünmesinin direncini de yemek lazımdır.

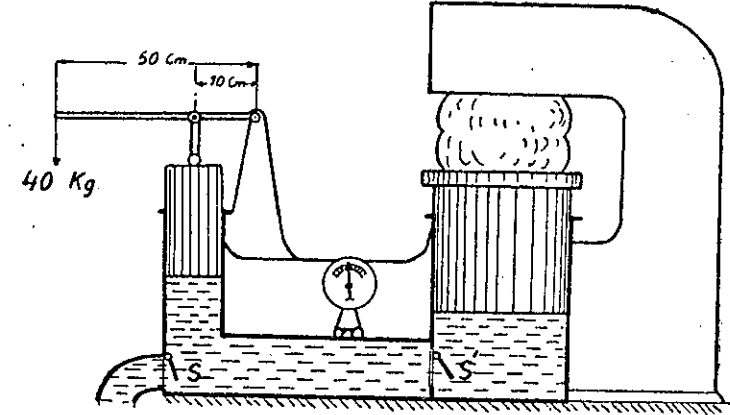
Kayma sürtünmesi $F_1 = F \cdot f = 30625 \cdot 0,2 = 6125$ kg Vanayı yukarı hareket ettirmek için gerekli kuvvet:

$$Q = A + F_1 = 500 + 6125 = 6625 \text{ kg}$$

Paskal prensipi:

Sıvılar, basınçları bütün doğrultularda, olduğu gibi, iletirler. Bu sebeple sıvı basıncından doğan kuvvet, yüzeyle orantılı olarak artar.

Paskal prensipine dayanan su cenderesinin incelenmesiyle bu prensip gösterilebilir. (Şekil: 4) de gösterilen su cenderesinin kaldırma koluna 40 kg şiddetinde bir kuvvet tatbik edilirse, tulumba pistonuna 200 kg lık bir kuvvet intikal eder.



(Şekil: 4) Bir su cenderesinin geması

Bu pistonun suya yaptığı basınç, Paskal prensipine göre, aynen cendere pistonuna geçer. Tulumba pistonunun kesiti, cendere pistonunun kesitinden 100 defa küçükse, cendere pistonu 20000 kg. lık bir itme tesirine uğrar. Şimdi bunun nasıl hesaplanacağını gösterelim.

Tulumba pistonuna gelen kuvvet:

$$40 \cdot 50 = f \cdot 10 \text{ Bundan: } f = \frac{40 \cdot 50}{10} = 200 \text{ kg çıkar.}$$

Tulumba emme-basma nevidendir. Piston yukarı kalkarken emme supapı açılarak gövde içersine su dolar; aşağı inerken S emme supapı yuvasına oturur, buna karşılık S' basma supapı açılır. Böylece tulumba gövdesiyle cendere gövdesi içerisindeki sular birleşir. Tulumba pistonunun sağladığı basınç bütün noktalara intikal eder.

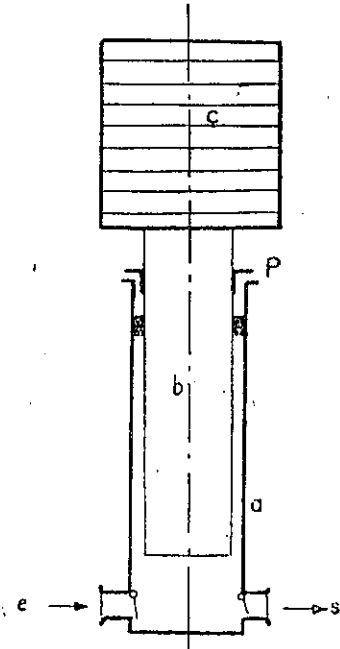
s = Tulumba pistonunun kesiti. S = cendere pistonunun kesiti ise:

$$p = \frac{f}{s} = \frac{F}{S} \text{ olur. } S = 100 \cdot s \text{ olduğundan } F = \frac{f \cdot S}{s} = \frac{f \cdot 100 \cdot s}{s} = 100 \cdot f$$

$$F = 100 \cdot 200 = 20000 \text{ kg.}$$

Hidrolik akümülatör:

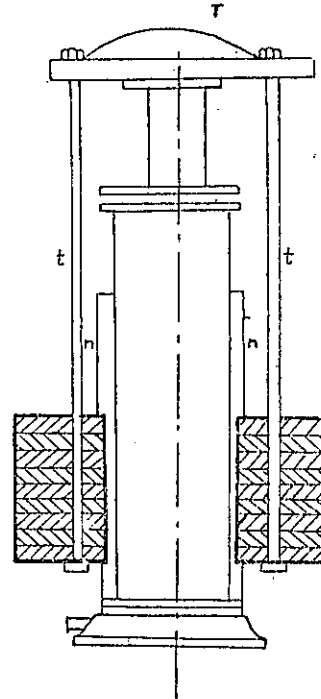
Basınçlı suyu depo etmek için kullanılan ayağıta hidrolik akümülatör denir (şekil: 5). Kalın çeperli fonttan bir *a* silindiri ve bunun içersinde hareket eden dövme çelikten yapılmış bir *b* dalma pistonu hidrolik akümülatörün esaslı kısımlarını teşkileder. Ağırlığı fazlaştırmak için pistonun üstüne *c* font parçaları konmuştur.



(Şekil: 5) Ağırlıkları üstte konmuş hidrolik akümülatör

Silindiri sızdırmaz halde kapatan *p* salmastrası pistonun tatlı bir sürtünme ile hareketine imkân verir. Tulumbarın basdığı su silindirin alt kısmındaki *e* borusundan akümülatöre girer, diğer *s* borusu ise, basınçlı suyu kullanan aygıtları besler.

Ağırlık olarak kullanılan font parçalar (Şekil: 6) da görüldüğü gibi *T* piston başına *t* çubuklarıyla da asılabilir. Bu takdirde hareketi kayıtlamak üzere silindir çevresine *n* kaburgaları konur. Bu şekilde ağırlık merkezi çok aşağıya düşürüldüğü için daha büyük bir istikrar sağlanır.



(Şekil: 6) Ağırlıkları asılmış hidrolik akümülatör.

Hidrolik asansör :

Bu, bir nevi hidrolik akümülatör olup font ağırlıklar yerine insan veya eşya alabilecek bir kabine konmuştur (Şekil: 7). *a* silindiri zemine gömülmüştür, bir *e* musluğuyla bir akümülatörden veya bir yükleme hazinesinden buraya su gönderilir.

Diğer bir *s* musluğu ile de silindirin suyu boşaltılır. *b* pistonu ile *c* kabinesi *d* karşı ağırlıklarla denkleştirilmiştir.

Asansörü çıkarmak için şekilde gösterilmemiş bulunan bir mekanizma ile kabinenin içersinden *s* musluğu kapatılırken *e* musluğu da açılır. Suyun basıncı ile piston yukarı hareket eder. Asansörü istenen yerde durdurmak için *e* musluğu kapatılır.

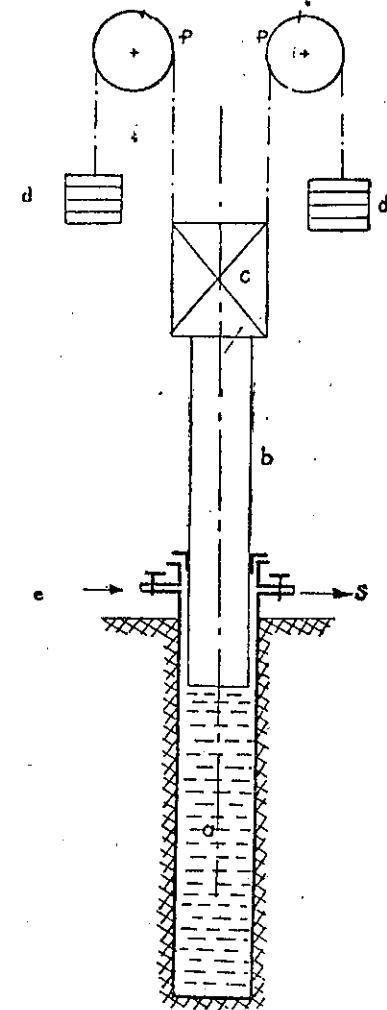
Asansörü indirmek için *e* musluğu kapatıldıktan sonra *s* musluğu açılır. Piston ve kabine ağırlığından doğan basınç tesirile silindirdeki su atılır. Bunun sonucu olarak da asansör inişini yapar.

Hidrolik pres:

Basınçlı suyu kullanan aygıtlar hidrolik pres esasına göre çalışırlar. Alternatif hareketli pistonlu tulumbarlar yüksek basınçlı suyu temineder. (Şekil: 8) de görülen hidrolik presin *c* haznesine ya aynı krank miline belirli açılar altında bağlanmış bir kaç pistonlu tulumba yahut da hidrolik akümülatör su gönderir. İkinci hal mevcutsa pistonlu tulumbarlar doğrudan doğruya akümülatörü besler.

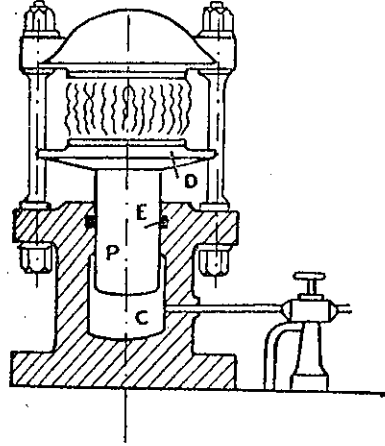
Basınçlı su temininden pistonlu tulumbarların debisi azdır. *c* haznesindeki basınç artışı dolayısıyla *P* pistonu yukarı kalkar. Bu esnada *D* piston tablasıyla düşey sütunlar üzerindeki somye arasına konan herhangi bir parça sıkıştırılabilir.

P pistonunun aşağı inmesi. *c* haznesindeki suyun boşaltılmasıyla teminedilir.



(Şekil: 7) Hidrolik asansörün şeması

Umumiyetle biri c haznesine su basan diğeri de haznedeki suyu tekrar kullanılabilmek üzere emme havuzuna gönderen iki sevk borusu vardır. Basıncı su, endüstride oldukça geniş bir uygulama alanı bulmuştur.



(Şekil: 8) Hidrolik presin şeması

$p = 50 \text{ kg/cm}^2$ ve hidrolik pres pistonunun çapı $D = 400 \text{ mm}$ olduğuna göre:

- Hidrolik presin sağladığı kuvvet kaç kg. dır?
- Pres pistonun hızı nekadardır?
- Pres pistonu bir saatte ne kadar yol alır?

Çözülüşü:

a — Basma basıncı p ile pres pistonun kesiti çarpılırsa aranan kuvvet elde edilir.

$$F = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 50 \cdot \frac{3,14 \cdot 40^2}{4} = 62800 \text{ kg.}$$

b — Basit etkili tulumba bir kursda emdiği suyu müteakip kursda basar. 3 tulumba 120 şer derece aralıklı kranka bağlandığına göre, bir devirde bu tulumbar peş peşe su basarlar. Hidrolik presin işini krankın bir devirinde tulumbarla sağlanan işe eşit olarak alabiliriz.

$$F \cdot k = p \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 3 \cdot L. \text{ Burada } p = 50 \text{ kg/cm}^2, d = 2 \text{ cm, } L = 25 \text{ mm.}$$

$$F = 62800 \text{ kg. alınır, } k = \text{mm. olarak pres pistonun aldığı yolu verir.}$$

[1] 44. Sayfada basit etkili tulumbaa bakınız.

$$k = \frac{p \cdot \pi \cdot d^2 \cdot 3 \cdot L}{4 \cdot F} = \frac{50 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 25}{4 \cdot 62800} = 0,1875 \text{ mm.}$$

Krank saniyede 1 devir yaptığından pres pistonun hızı:

$$V = 0,1875 \text{ mm/saniye olur.}$$

c — Pres pistonunun bir saatte aldığı yol: $0,1875 \cdot 3600 = 675 \text{ mm.}$

Uygulama:

(Şekil: 4) de verilen hidrolik pres (su cendresi) tesisinde tulumba koluna 30 kg lık bir kuvvet tatbik edildiğini kabul edelim. Pres pistonunun S kesiti, tulumba pistonunun s kesitinden 30 kat fazla olduğu ve tulumba-nın dalma pistonu 5 cm ilerlediği takdirde:

- Pres pistonu kaç kilogramlık bir yük kaldırır?
- Dalma pistonun kursu 5 cm olduğuna göre pres pistonu ne kadar yükselir?
- Piston 5 cm lik dalış kursunu dakikada 60 defa tekrarladığına göre presin faydalı gücü ne olur?

Çözülüş:

1 — Dalma pistonu gelen kuvvet:

$$30 \cdot 50 = f \cdot 10$$

$$f = \frac{30 \cdot 50}{10} = 150 \text{ kg}$$

Paskal prensibine göre:

$$\frac{f}{s} = \frac{F}{S}, \quad F = \frac{f \cdot S}{s} = \frac{150 \cdot 30 \cdot s}{s}$$

Bundan: $F = 4500 \text{ kg}$ elde edilir.

2 — Kayıplar hesaba katılmazsa dalma pistonu gelen kuvvetin işi, pres pistonuna gelen kuvvetin işine eşit olur. L = Dalma pistonun kursu, k = Pres pistonunun yükselişi, F = pres pistonuna gelen kuvvet, f = dalma pistonu gelen kuvvet ise:

$$F \cdot k = f \cdot L \quad \text{Bundan: } k = \frac{f \cdot L}{F} = \frac{150 \cdot 0,05}{4500} = 0,0016 \text{ m}$$

3 — Dalma piston 5 cm lik dalış kursunu dakika 60 defa tekrarlırsa, bir kursunu bir saniyede yapıyor demektir. Buna göre:

$$G = 150 \cdot 0,05 = 7,50 \text{ kgm/saniye}$$

Arşimet prensipi:

Bir sıvı içerisine daldırılan herhangi bir cisim, yerini tuttuğu sıvının ağırlığına eşit bir kuvvetle düşey doğrultuda aşağıdan yukarı doğru itilir. Bu kuvvetin tatbik noktası, bahis konusu hacimdeki sıvının ağırlık merkezindedir.

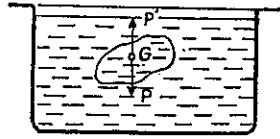
Şu halde: Sıvı içerisine daldırılan bir cisim, iki kuvvetin tesirinde bulunur:

1 — Kendi P ağırlığı,

2 — Yer değiştirttiği hacimdeki sıvının P' ağırlığına eşit itme kuvveti.

Bu iki kuvvetten P kuvveti cismi batırmağa, P' ise suyun yüzeyine çıkarmağa çalışır.

Suya tamamiyle daldırılan cisim homogen ise, cismin ağırlık merkezi aynı hacimdeki sıvının ağırlık merkeziyle çakışık olur. Böylece P ve P' kuvvetleri aynı G noktasına tatbik edilmiş olur (şekil: 9).



(Şekil: 9) Daldırılan cisim homogen ise itme kuvveti cismin ağırlık merkeziyle çakışık olur.

Bunun için 3 hal tasavvur olunur:

1 — Cismin ağırlığı, sıvının itme kuvvetinden büyük olur.

$$P > P'$$

Bu takdirde cisim dibe batar.

2 — Cismin ağırlığı, sıvının itme kuvveti eşittir.

$$P = P'$$

Bu takdirde cisim sıvı içerisinde asılı kalır.

Uygun miktarda tuz katılmış su içerisine konan bir yumurta buna misal teşkil edebilir.

3 — Cismin ağırlığı, sıvının itme kuvvetinden küçük olur.

$$P < P'$$

Bu takdirde cisim, aşağıdan yukarı doğru P' — P kuvvetinin tesiriyle yükselir. Nihayet suya batan kısmının yer değiştirttiği sıvı ağırlığı cisim ağırlığına eşit hale gelince cisim yüzer.

Yüzen cisimler:

Katı bir cismin ağırlığı, yer değiştirttiği sıvının ağırlığına eşit olursa cisim yüzer. Bir misâl ile bu konuyu daha iyi kavramak mümkün olur.

Misâl:

Kenarı 2 dm olan alüminyumdan bir küb civa dolu bir kaba daldırılırsa, yüzen bu cismin ne kadar kısmı batar. Civanın yoğunluğu 13,6 yahut özgül ağırlığı = 13,6 kg/dm³, alüminyumun yoğunluğu ise 2,6 dır.

Çözülüş:

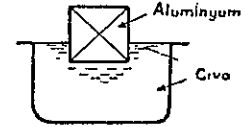
Alüminyum kübün hacmi:

$$V = 2^3 = 8 \text{ dm}^3; \quad \text{Ağırlığı ise: } P = 8 \cdot 2,6 = 20,8 \text{ kg}$$

Cismin yer değiştirttiği civanın ağırlığı 20,8 kg olmak lâzımgelir. Bu ağırlıktaki civanın hacmine V' dersek:

$$V' = \frac{20,8}{13,6} = 1,529 \text{ dm}^3$$

Kübün cıvaya batan kısmının yüksekliği (Şekil: 10), yer değiştiren civa prizmasının yüksekliğine eşittir

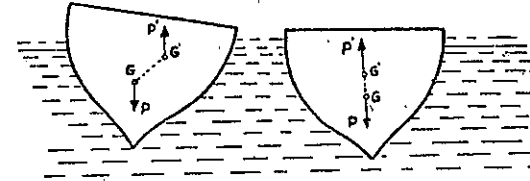


$$h = \frac{1,529}{4} = 0,381 \text{ dm}$$

(Şekil: 10) Alüminyum kübün cıvaya dalan kısmı, kendi ağırlığında cıvaya yer değiştirtir.

Yüzen cisimlerin dengesi:

G' itme merkeziyle G ağırlık merkezi aynı düşey üzerinde bulunursa, yüzen cisim dengede olur. Nitekim (Şekil: 11) de görüldüğü gibi G' ve G aynı düşey üzerinde bulunmazsa, P ve P' paralel kuvvetleri cismi denge konumuna getirinceye kadar döndürür (Şekil: 12).



(Şekil: 11) P ve P' paralel kuvvetleri cismi döndürür.

(Şekil: 12) P ve P' birbirine eşit ve aynı doğrultu üzerine gelince denge sağlanır.

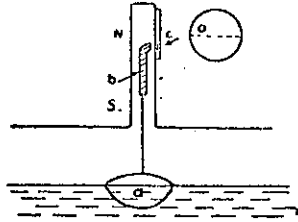
G merkezi G' nin altında olursa denge kararlı olur. G ve G' çakışık olursa denge devamlı olur.

Uygulanmalar:

Her çeşit gemi, mavnâ, kayık, sal v.s. yüzen cisimlerin en önemli tatbi-katındandır. Bunların kararlı denge halinde olması için hamülesi ağırlık merkezini, itme merkezinin altına indirmelidir.

Şamandıralı su göstergesi :

Kazanlarda su seviyesini göstermek için yüzen cisimlere faydalı bir tatbik yeri bulunur. (Şekil: 13) de bu türlü bir gösterge şematik olarak verilmiştir. Şamandıra üzerindeki *ab* çubuğunda, *c* ibresini çeken bir SN miknatısı vardır. İbre, önünde hareket ettiği taksimat sayesinde, kazandaki suyun seviyesini gösterir. Su seviyesi yükseldiği zaman, şamandıra ile birlikte miknatıs ve karşısındaki ibre de yükselir. Su seviyesi inince bu defa miknatıs şamandıra ile inerken ibreyi de aşağı çeker.

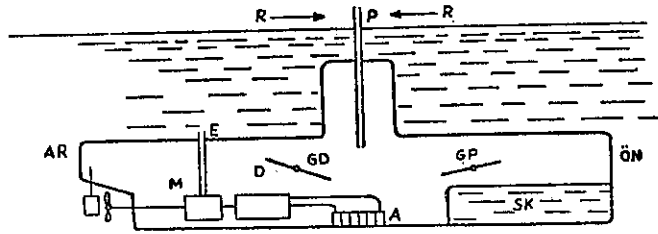


(Şekil: 13) Şamandıralı su göstergesi.

Denizaltı gemileri :

Denizaltı gemileri, diğer âdi gemiler gibi suyun yüzünde de kalabilir. Şu halde denizaltılar daha önce açıklamış olduğumuz üç çeşit dengeyi gerçekleştirebilecek durumdadırlar (Şekil: 14).

Denizaltının ağırlığı yer değiştirttiği suyunkinden az olursa suyun yüzüne çıkar. Gemiye daldırtmak için ağırlaşması gerekir. Bu da kasalarına deniz suyu alarak sağlanır. Dalmışken hareketsiz kalırsa denge kararsız



(Şekil: 14) Bir denizaltının belli başlı aygıtlarını gösteren şema.

olur. Çünkü denizaltı biraz yukarı çıkarsa üzerine gelen basınç azalacağından biraz genişerek yer değiştirttiği su hacmi artar ve itme kuvvetinin artmasıyla gemi suyun yüzüne doğru yükselir. Eğer basıncın arttığı daha derin bir bölgeye inerse bu defa sıkışarak hacmi küçülür, dolayısıyla yer değiştirttiği suyun hacmi de azalarak batmasına devam eder.

Bu açıklama denizaltının manevra edilmeden olduğu yerde kalamayacağını belirtir.

Denizaltı suyun yüzünde iken M dizel motoru ile ilerlemesi sağlanır. Dalmış iken A akümülatör bataryasının beslediği D dinamosu motor olarak çalışır. Deniz üstünde iken M dizelinin döndürdüğü D dinamosu A akümülatör bataryasını doldurur. Denizaltının dalması için sükûnette iken SK su kasasına su alınır. P gemi ağırlığı yer değiştirttiği P' su ağırlığına eşit olunca denge kurulur. GD doğrultu dümeni, GP ise derinlik dümenidir. Şekildeki vaziyette denizaltının burnu yükselmeye yönelmiştir. GD arka derinlik dümeni ise geminin arkasını yatıracak konumdadır.

P periskopu dalmış halde iken denizin yüzündekileri görme imkânını verir.

Denizaltıyı suyun yüzüne çıkarmak için tulumlarla kasalardaki sular boşaltılır. Geminin P ağırlığı, yer değiştirttiği suyun P' ağırlığından yani itme kuvvetinden daha küçük olur. Bu sebeple de gemi suyun yüzüne çıkar.

Sorular:

- 1 — Hidrolik neden bahseder, kısaca açıklayınız. Basıncın sıvı yüksekliği cinsinden gösterilmesi ne demektir? 76 m — cıva ile gösterilen atmosfer basıncını kg/cm² ve su yüksekliği cinsinden gösteriniz.
- 2 — Kap diplerine ve yanıl çeperlerine sıvıların yaptığı itme tesiri nasıl hesaplanır?
- 3 — Paskal prensipini açıklayarak su cenderesi (hidrolik pres) nin işleyiş prensipini anlatınız.
- 4 — Hidrolik akümülatör neye yarar. Şekiller üzerinden işleyişini açıklayınız.
- 5 — Hidrolik asansörün kitaptaki şekil üzerinden işleyişini açıklayınız.
- 6 — Arşimet prensipini açıklayarak, sıvıya daldırılan cisimlerin denge şartlarını belirtiniz.
- 7 — (Şekil: 13) deki şamandıralı su göstergesinin işleyişini şema üzerinden anlatınız.
- 8 — Denizaltının belli başlı aygıtlarını tanıtarak işleyişini açıklayınız. Dengesi hakkında etraflıca bilgi vermeğe çalışınız.
- 9 — Düşey bir vana, önünde biriken su dolayısıyla bir itme kuvvetine uğrar. Bu vanayı kaldırmak için ağırlığından başka sürtünme direncini de yenmek lazımdır. Bu direngen kuvvetin nasıl hesaplanacağını sürtünme katsayısını açıklayarak gösteriniz.

Alıştırmalar:

- 1 — Genişliği 50 metre, yüksekliği 20 metre olan bir baraj, tepe kenarı hizasına kadar su ile dolu olduğuna göre, su itmesinin şiddetini kg. olarak hesaplayınız. Cevap 10.000.000 kg.
- 2 — Bir settin dip kısmına daire kesitli bir boşaltma vanas konulmuştur. Vananın çapı 40 cm olup su üst seviyesiyle vananın en üst kısmı arasındaki uzaklık 3,5 m dir, Vana kaç kg lık kuvvetle itilir. Cevap: 4647,2 kg.

3 — Bir hidrolik asansörün pistonu üzerine gelen kuvveti aşağıdaki bilinenlere göre hesaplayınız. Asansörü besleyen depodaki suyun üst seviyesiyle pistonun tabanı arasındaki uzaklık 20 metredir. Piston çapı da 20 cm. dir. Cevap: 628 kg

4 — İngilterede Mersey tünelinin hidrolik asansörlerinden her biri, ortalama olarak 68 kg kabul edilen 100 kişiyi almaktadır. Bu yükü kaldırabilmek için 46 cm. çapındaki pistonu gelmesi gereken en küçük basınç ne olacaktır. Bunun su yüksekliği cinsinden değeri nedir? Cevap: 4,09 kg/cm², 40,9 m-su

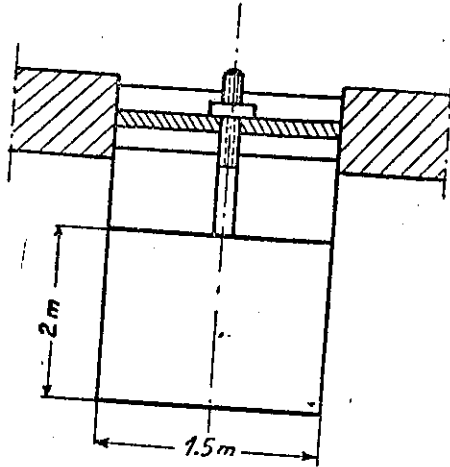
5 — Hidrolik bir akümülatörün pistonu ile yükü 4 metre yükseğe kalkmıştır. Pistonun çapı 40 cm, uzunluğu 6 metre olup çelikten yapılmıştır. Ağırlık olarak 1,6 m. çapında 3 metre yüksekliğinde esmer fonttan bir parça konulmuştur. Fontun yoğunluğu 7,1, çeliğinki ise 7,8 dir.

Bu bilinenlere göre akümülatörde toplanan enerjiyi hesaplayınız. Cevap: 114330 kJm.

6 — Denkleştirilmemiş bir hidrolik asansör, 50 kg/cm² basıncında su veren hidrolik bir akümülatörle beslenmekte. Pistonun boyu 20 metre, çapı 30 cm dir. Asansör kabinesi 500 kg ağırlığında olduğuna göre bununla ne ağırlıkta bir yük çıkarılabilir. Piston çelikten olup yoğunluğu 7,8 dir. Cevap: 23809,6 kg.

7 — Özellikleri yukarıdakinin aynı olan bir hidrolik asansör 10 tonluk bir karşı ağırlıkla denkleştirilmiştir. Bununla en çok ne kadar yük taşınabilir? Cevap: 33809,6 kg.

8 — Hidrolik bir akümülatör pistonunun çapı 40 cm, uzunluğu 5 metredir. Esmer fonttan yapılmış olan ağırlığı ise 1,1 metre çapında ve 2 metre yüksekliğindedir. Fontun yoğunluğu 7,1 çeliğinki ise 7,8 dir. Akümülatördeki suyun basıncını suyun yüksekliği cinsinden bulunuz. Bu akümülatör piston çapı 60 cm olan bir çelik ezme-presini beslediğine göre, bu presin kg olarak sağladığı kuvvet ne kadardır. Cevapları: 146,6 kg/cm²=1464 m-su ve 417 726,2 kg.



(Şekil: 15) Düşey vana ölçüleri şemada gösterildiği gibidir.

9 — Bir düşey vana (Şekil: 15) 1,5 metre genişlikte ve 2 metre yükseklikte olup üst kenar hizasına kadar su ile doludur. Bu vanayı kaldırmak için randımanı % 40 olan vida-somun sisteminden faydalanılmaktadır. Vana'nın ağırlığı 250 kg, Vana kızaklarının kayıtlara olan sürtünme katsayısı $f=0,3$ dir. Vida adımı $a=5$ mm olduğuna göre uzunluğu $L=1$ m olan ve somunu döndüren anahtar koluna tatbik edilecek kuvvet kaç kg olmalıdır? Cevap: 7,7 kg.

10 — (Şekil: 4) de verilen hidrolik pres tesisinde tulumba koluna 30 kg tatbik edilerek, kaldıraç koluyla bu kuvvet dalma pistonu 300 kg şiddetinde itikal ettirilmektedir. Dalma pistonun kesiti 1 cm² pres pistonunki ise 20 cm² dir. Tulumba kolunun her bastırılışında piston 5 cm lik bir kurs yapmaktadır. Aşağıda sorulanları hesaplayınız:

a — Pres pistonu kaç kg. lik yük kaldırır?

b — Dalma pistonun her kursunda pres pistonu ne kadar yükselir?

c — Kaldıraç kolunun desteği pistondan 20 cm uzakta ise kaldıraç ne uzunlukta olur?

d — Dakikada 40 defa dalma piston dalış kursunu yaparsa, faydalı güç ne olur? Cevap: a) 9000 kg. b) 0,016 m. c) 200 cm. d) 5 kgm/sn.

11 — Bir çelik lingot'u sıkıstırmağa yarayan 5000 tonluk bir presi besleyen suyun basıncı ne olmalıdır. Pres pistonunun çapı 1,2 metredir. Pres her inişinde lingot'un kalınlığını 10 cm eksiltirse yaptığı iş ne olur? Cevap: 442,3 kg/cm², 500 000 kJm.

12 — Bir döküm kalıplama makinesinin pistonu 10 cm çapında olup 50 kg/cm² basıncındaki su ile beslenmektedir. 20 cm. 30 cm boyutlarında olan şasilerin yani derecelerin içersindeki kumun mârûz kalacağı basıncı kg/cm² olarak hesaplayınız. Cevap: 6,54 kg/cm².

13 — Bir kanal mavnası 38,5 metre uzunlukta, 5 metre genişlikte ve 2,4 metre derinlikte dikdörtgenler prizmasına benzetilmektedir. Bunun su kesimi yani suya batan kısmı en çok 1,8 metre olduğuna göre taşıyabileceği en büyük yükü ton olarak hesaplayınız. Mavnanın ağırlığı 52 tondur.

Her metre kübü 850 kg. gelen kömürden bu mavnaya ne miktar kömür yüklenir?

Mavna boşken su kesimi ne olur? Bu mavnanın su kesimi 2,2 metre olsaydı kaç ton yük alabilirdi?

Cevap: 294,5 ton; 346,4 m³; 0,27 m. 423 ton.

14 — Bir denizaltının dış hacmi 200 metreküptür. Üstte yüzerken 140 ton suya yer değiştirmektedir. Dalabilmesi için su kasalarına ne ağırlıkta deniz suyu alınabilir. Deniz suyunun yoğunluğu 1,026 dir.

Cevap: 65,2 ton.

15 — Mantardan bir tahlisiye simidi halka biçiminde olup kesiti dikdörtgendir. Büyük çapı 50 cm, küçük çapı 30 cm. ve yüksekliği 10 cm. dir. Mantarın yoğunluğu: 0,2 dir. Aşağıda sorulanları hesaplayınız:

a — Tath suya ne kadar batar?

b — Deniz suyuna (yoğunluğu 1,026) ne kadar batar?

c — Tatlı su içinde devamlı dengede kalabilmesi için kaç kg. değerinde ağırlık asılmalıdır?

Cevap: 21 cm. 1,9 cm. 10,05 kg.

16 — Ortalama yoğunluğu 7,1 olan bir font için 20 tonluk bir pota imali istenmektedir. Bu potanın hacmini metre küb ve litre cinsinden hesaplayınız.

Cevap: 2,8 m³ = 2800 litre.

17 — Bir hidrolik presde iletilen basınç değeri 100m-su ile ifade edilmiştir. Bu basıncı aşağıdaki birimlerle gösteriniz:

a — kilogram/m² ve kg/cm² olarak.

b — C. G. S. sisteminin basınç birimi olan bar cinsinden.

c — M. T. S. sisteminin basınç birimi olan piez cinsinden.

Cevap: 10 kg/cm²; 9810000 bar, 981 Piez.

Dikkat:

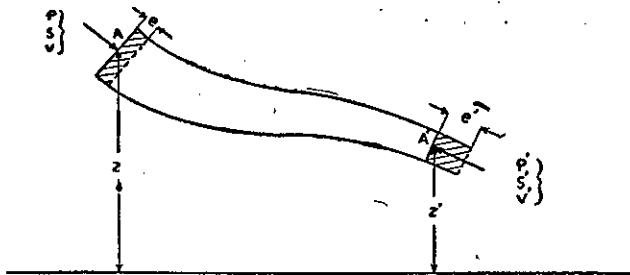
Öğrencilerin M. K. S. - C. G. S ve M. T. S sistemlerini kavraması için kendilerine gerekli bilgiler daha önce verilmiş olmalıdır.

HİDRODİNAMİK

Tanıtma:

Hidrodinamik hareket halindeki sıvıların tâbi bulunduğu kanunları inceleyelim. Sıvıların sürekli akma hali için BERNOUILLİ (Bernuyi) teoremi uygulanır. Bir borudan akan sıvının basıncı, hızı ve akışına karşı koyan direnç arasındaki bağıntı bu teoremle belirtilir.

Önce sürtünme direnci bulunmadığını farzettığımız bir akışkan meselâ su için bu teoremin matematik ifadesini araştıralım. S kesiti değişen bir borudan suyun sürekli olarak aktığını kabul edelim. Bir an için A ve A' kesitleri arasındaki sıvıya ele alalım (Şekil: 16).



(Şekil: 16) Akışkanın kesiti değişken bir borudan akması.

A kesiti ağırlık merkezinin bir kıyaslama düzleminde olan uzaklığını yani kotunu z ile A' kesitine ait ağırlık merkezinin kotunu ise z' ile göstereyim.

Bu iki kesit arasındaki akışkan kütlesi, tesirinde bulunduğu kuvvetlerin yapmış olduğu işlerin cebirsel toplamı kadar bir kinetik enerji değişimi meydana getirir.

A dik kesitine p basıncı, A' kesitine ise p' basıncı tesir eder. Boru çeperlerine dikey olarak tesir eden basınçlar, çeperlerin zıt tesiriyle yok olur. A, A' kesitleri arasındaki akışkan kütlesi, ağırlığının da tesiri altındadır.

Şimdi gayet kısa bir zaman içerisinde A kesitinin e kadar A' kesitinin ise e' kadar ilerlediğini düşünelim. A kesitine pS kuvveti, A' kesitine de $p'S'$ kuvveti tesir eder. Bunlardan birinci kuvvetin işi pSe , ikincisinin işi ise $-p'S'e'$ dir. Çünkü ikinci kuvvet birinciye nazaran zıt yönlüdür.

A ve A' kesitleri arasındaki suyun veya akışkanın ağırlığından dolayı elde edilecek iş, pozitifdir. Bu akma esnasında A'da bulunan Se hacmindaki akışkan, sanki arayerde kalana kıyaslamamış gibi, A' ündeki $S'e'$ hacmini işgal etmiş kabul edilebilir.

Buna göre yer çekimi kuvvetinin işi, $Se\omega$ ağırlığındaki akışkanın yani suyun $z-z'$ yüksekliğinden düşmesiyle elde olunan işe eşittir. Burada ω özgül ağırlıktır.

Yer çekimi kuvvetinin işi $= Se\omega(z-z')$

A kesitinde V hızı bulunan Se hacmindaki su, A' kesitine taşındığı zaman V' hızını alırsa kinetik enerji değişimi aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\frac{1}{2} M (V'^2 - V^2) = \frac{1}{2} \cdot \frac{Se\omega}{g} (V'^2 - V^2)$$

Daha önce de söylediğimiz gibi bu enerji değişimi A, A' kesitleri arasında bulunan su kütlesine tesir eden kuvvetlerin, işlerinin cebirsel toplamına eşittir.

$$pSe - p'S'e' + Se\omega(z-z') = \frac{1}{2} \frac{Se\omega}{g} (V'^2 - V^2)$$

Sürekli akmadan dolayı $Se = S'e'$ dir.

1 kg. ağırlığındaki su için işi bulmak istersek, eşitliğin iki tarafını $Se\omega$ ile bölmelidir.

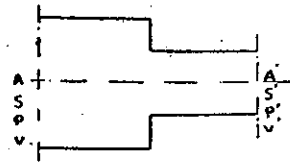
$$\frac{p}{\omega} - \frac{p'}{\omega} + z - z' = \frac{V'^2}{2g} - \frac{V^2}{2g}$$

Bu da aşağıda gösterildiği gibi sıralanarak yazılabilir.

$$\boxed{\frac{p}{\omega} + \frac{V^2}{2g} + z = \frac{p'}{\omega} + \frac{V'^2}{2g} + z' = \text{sabit}}$$

Bu teorem genel olup viskozitesiz ve sürtünmesiz sıvılar için, herhangi bir kesitte 3 terim toplamı sabittir.

Bernouilli teoreminin sonuçları:



(Şekil: 17) Yatay bir boruya Bernouilli teoreminin tatbiki.

Yatay bir boru için (Şekil: 17), A ve A' kesitleri arasında Bernouilli teoremini tatbik edelim. Kotlar $z = z'$ olduğundan:

$$\frac{p}{\omega} + \frac{V^2}{2g} = \frac{p'}{\omega} + \frac{V'^2}{2g}$$

Sürekli akma bahis konusu olduğu cihetle A ve A' kesitlerinden birim zamanda geçen su miktarı yani debi aynıdır. Buna göre $S \cdot V = S' \cdot V'$

Şekilde $S' < S$ olduğundan; $V' > V$ olur, dolayısıyla Bernouilli teoremine göre:

$$\frac{p}{\omega} > \frac{p'}{\omega}$$

Eğer sıvının kendi lifleri arasındaki sürtünmeleri yani viskozitesi ve içinden geçtiği boru çeperlerine olan sürtünmesi sıfır farz olunursa, büyük kesitli kısımdaki sıvının küçük kesite geldiği zaman eksilen basıncı burada hız enerjisine çevrilir.

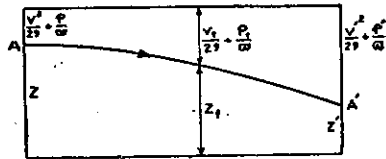
Bernouilli teoreminin 3 terimi aynı birimle ölçüldüğünden toplanmaları mümkün olur. Bu terimlerden her biri yüksekliği yahut da enerjiyi ifade eder. Şöyleki:

$\frac{p}{\omega}$ = metre cinsinden sıvı yüksekliği olarak basıncı gösterdiği gibi, kgm. cinsinden basınç enerjisini de gösterir.

$\frac{V^2}{2g}$ = Bu da V hızını kazanabilmesi için 1 kg. ağırlığındaki sıvının düşmesi gereken yüksekliği metre olarak gösterir; yahut da V hızındaki 1 kg. sıvının kinetik enerjisini kgm. olarak gösterir.

z = kot olup metre cinsinden yüksekliği gösterir. Bu aynı zamanda 1 kg. ağırlığındaki sıvının z yüksekliğinde iken haiz bulunduğu potansiyel enerjiyi gösterir.

Bernouilli teoremindeki, $\frac{p}{\omega} + z$ terimleri potansiyel enerjileri; $\frac{V^2}{2g}$ terimi ise kinetik enerjiyi belirtir (Şekil: 18).



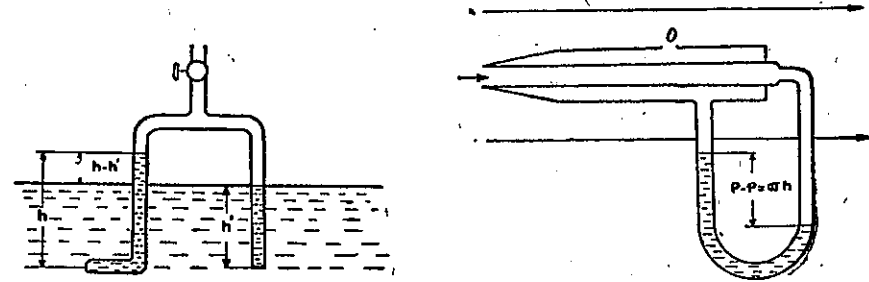
(Şekil: 18) Akmakta olan bir su lifinin muhtelif noktalarında: kot, basınç ve kinetik enerjileri gösteren yükseklikler.

Bu üç terimin toplamı sabit olduğundan herhangi bir sıvı lifinin geliş güzel noktaları için kıyaslama düzleminde itibaren birbirine ilâve edilecek bu yüksekliklerin nihayet noktaları aynı düzlem içersinde bulunur. Bu düzleme *yük düzlemi* denir.

AKIŞKAN HIZININ ÖLÇÜLMESİ

Pitot aygıtıyla hızın ölçülmesi:

(Şekil: 19) daki gibi birleştirilmiş bir boru vasıtasıyla herhangi bir akışkanın meselâ suyun hızı ölçülebilir. Bu borulardan bir tanesinin ağzı akış doğrultusuna paralel ikincisinin ise akıntıya karşı gelmek üzere 90 derece bükülmüştür. Birinci boru *statik* ikincisi ise *dinamik* basıncı ölçer.



(Şeki: 19) Pitot aygıtlarıyla basınçların ve neticesiyle hızların ölçülmesi.

Sıvı sütunlarının yükseklikleri arasındaki $h - h'$ farkı akışkanın hızından dolayı elde edilen yüksekliği verir. Bilindiği üzere:

$$\frac{p}{\omega} = h \quad \text{ve} \quad \frac{p'}{\omega} = h' \quad \text{dir.}$$

h ve h' yükseklikleri bilindiği takdirde basınçlar istenirse kg/cm^2 yahut kg/m^2 cinsinden gösterilebilir.

Bernouilli teoremine göre: $h - h' = \frac{V^2}{2g}$ dir.

$$V = \sqrt{2g (h - h')}$$

Pitot tarafından bulunan bu aygıt vasıtasıyla herhangi bir akışkanın hızı yukardaki formülle hesaplanır.

Misal :

Bir nehrin belirli bir yerinde pitot aygıtı ile $h - h' = 40$ cm lik bir basınç farkı sağlanmıştır. Bu derinlikteki hızı bulunuz.

Pitot borusunun ağzı 2m derinliğe getirildiğine göre P basıncını kg/cm^2 olarak bulunuz.

Çözülüştü :

Yukardaki hız formülü uygulanır.

$$V = \sqrt{2g(h - h')} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,4} = 2,8 \text{ metre/saniye}$$

Pitot borusu $h' = 2$ metre derinliğe konulduğuna göre:

$$h - h' = 0,4 \text{ metre, } h = 2 + 0,4 = 2,4 \text{ metre-su}$$

$\frac{P}{\omega} = h$ olduğundan; ω özgül ağırlığını tâyin etmek, problemi çözmeğe yetişir. Su için $\omega = 1000 \text{ kg/m}^3$ dir.

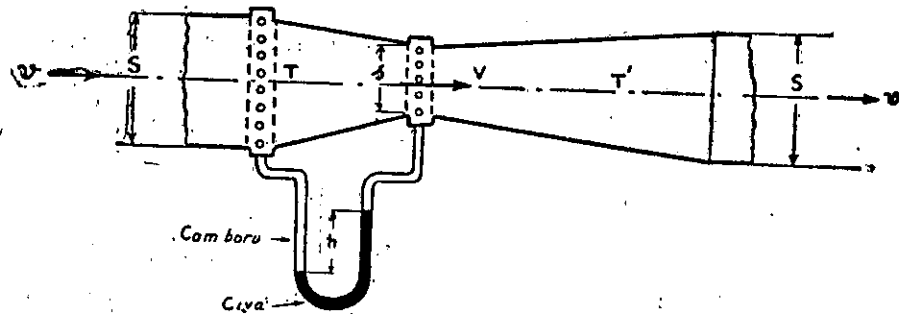
$$\frac{P}{1000} = 2,4 \text{ bundan: } P = 2,4 \cdot 1000 = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2 \text{ olduğundan:}$$

$$P = \frac{2400}{10000} = 0,24 \text{ kg/cm}^2 \text{ elde edilir.}$$

Venturi sayacı:

Pitot aygıtına nazaran daha hassas olan venturi sayacı hızın dolayısıyla debinin bulunmasına imkân verir. (Şekil: 20) de bu sayacın şematik olarak gösterilmiştir. Bu, küçük tabanları birleştirilmiş T ve T' kesik konilerinden meydana getirilmiştir. Büyük tabanlar birbirine eşit fakat suyun girdiği taraftaki T kesik konisine naza-



(Şekil: 20) Venturi sayacının prensipi

ran çıkıştaki T' kesik konisi 3 defa daha uzundur. Giriş, yakın bir kesitle dar kesit üzerine U şeklinde kavrılmış bir boru koyalım. Büyük kesitteki basınç, küçük kesittekinden daha büyük olduğundan U borusundaki cıva seviyeleri arasında (h) kadar bir fark meydana gelir. Bernoulli teoremi uygulanarak:

$$\frac{P}{\omega} + \frac{V^2}{2g} + Z = \frac{P'}{\omega} + \frac{V'^2}{2g} + Z'$$

Venturi sayacının eksenini yatay konumda olduğundan $Z = Z'$ olur. Bu sebeple:

$$h = \frac{P - P'}{\omega} = \frac{V'^2}{2g} - \frac{V^2}{2g} \text{ ya da } \frac{P - P'}{\omega} = \frac{V'^2 - V^2}{2g}$$

$$\text{Netice olarak: } h = \frac{V'^2 - V^2}{2g} \quad (1)$$

Debinin sürekliliğine göre her kesitten birim zamanda geçen sıvı miktarı aynı hacimde olur.

$$Q = V \cdot S = V' \cdot S'$$

$$\frac{V}{V'} = \frac{S'}{S} = \frac{3,14 \cdot d'^2}{3,14 \cdot d^2} = \frac{d'^2}{d^2}$$

$$\text{Eğer } d' = \frac{d}{4} \text{ ise: } \frac{V}{V'} = \frac{d'^2}{d^2} = \frac{16}{d^2} = \frac{1}{16}$$

$$V = \frac{V'}{16} \text{ olur.}$$

(1) numaralı formülde V' yerine $16V$ koyarsak:

$$h = \frac{16^2 V^2 - V^2}{2g} \text{ olur.}$$

$$\text{Bundan: } 2g h = 256 V^2 - V^2 = 255 V^2, \text{ neticesiyle: } V = \sqrt{\frac{2gh}{255}} \text{ çıkarılır.}$$

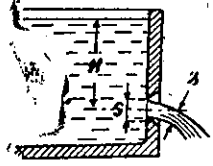
Eğer: $h = 60,2 \text{ mm-cıva}$ ise; bu $60,2 \cdot 13,6 = 800 \text{ mm-su}$ eder.

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 0,8}{255}} = 0,24 \text{ metre/saniye}$$

Venturi sayacının S kesiti bilindiğinden, saniyede geçen su miktarı yani Q debisi aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$Q = V \cdot S$$

Eğer, $S = 0,4 \text{ m}^2$ ise, debi: $Q = 0,4 \cdot 0,24 = 0,096 \text{ m}^3/\text{saniye}$



(Şekil: 21) İnce çeperli menfezden suyun akması

Suyun ince çeperli menfezden akması:

Bir hazneyi su ile dolu farzedelim. Bunun alt kısmında (Şekil: 21) de görüldüğü gibi ince çeperli dairesel bir menfez bulunsun. Su seviyesinin sabit tutulabileceğini kabul ederek serbest yüzle mafezin ağırlık merkezi arasında Bernouilli teoremi uygulanır.

$$\frac{P_a}{\omega} + \frac{V_0^2}{2g} + Z_0 = \frac{P_a}{\omega} + \frac{V^2}{2g} + Z$$

Suyun serbest yüzünde hız $V_0=0$, basınç ise P_a =atmosfer basıncıdır. Buna göre:

$$\frac{V^2}{2g} = Z_0 - Z = H, \text{ bundan } V = \sqrt{2gH} \text{ metre/saniye}$$

Şu halde: İnce çeperli bir menfezden çıkan suyun akma hızı, H yüksekliğinden ilk hızsız olarak serbest düşen bir cismin hızına eşittir.

Debi: Menfezden bir saniyede geçen su miktarı:

$$Q = S \cdot V = S \sqrt{2gH} \text{ olur.}$$

Bu formül, teorik debiyi verir. Gerçek debi daima bundan daha küçüktür. Çünkü menfezi terkeden sıvı damarı biraz ilerde daralır. Gerçek debi ise, bu daralmış s kesitiyle V hızının çarpımına eşit olur. Çeşitli usullerle (meslâ fotoğrafını çekerek) s daralmış kesiti ölçülüp menfez kesiti S ye oranlandığında:

$m = \frac{s}{S} = 0,62$ değeri bulunmuştur. Buna daralma katsayısı adı verilir. Şuhalde gerçek debi:

$$Q = 0,62 S \sqrt{2gH}$$

Oluklar:

Tatbikatta menfezler ince çeperli yapılmamaktadır. Debiyi bulmak için menfezin biçimine uygun m daralma katsayısının seçilmesi lazımdır.

Silindirik dış oluk: (Şekil: 22)

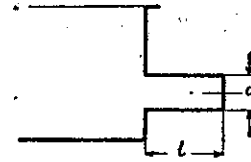
Oluğun d çapına ve L uzunluğuna göre m daralma katsayıları aşağıdaki değerleri alır:

$$\begin{aligned} L = 0 & \quad m = 0,62 \quad \text{İnce çeperli menfez} \\ L = 3d & \quad m = 0,82 \\ L = 12d & \quad m = 0,77 \end{aligned}$$

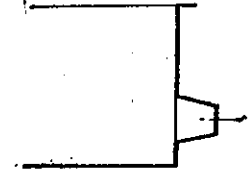
Kısa yakınsak oluk: (Şekil: 23)

Koniklik açısının n değerine göre m daralma katsayıları aşağıdaki değerleri alır:

$n =$ Koniklik açısı:	10°	20°	30°	40°	50°
$m =$ Daralma katsayısı:	0,95	0,92	0,90	0,87	0,85



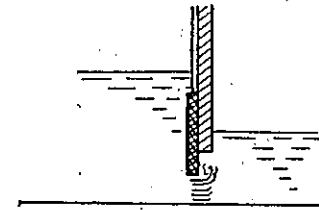
(Şekil: 22) Silindirik oluk



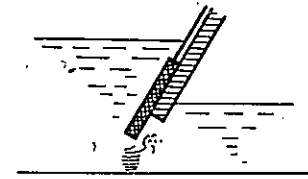
(Şekil: 23) Yakınsak oluk

Vanalar:

İki düşey veya eğik kayıt arasında hareket ettirilen ağaçtan veya maddeden yapılmış düzlem yüzeyli bir kapak olup gönderilecek su miktarını ayarlar. (Şekil: 24) de düşey (Şekil: 25) de ise eğik bir vana gösterilmiştir.



(Şekil: 24) Düşey bir vana



(Şekil: 25) Eğik bir vana

Düsey vana için daralma katsayısı: $m = 0,63$
 60 derece eğik bir vana için » : $m = 0,75$
 45 derece eğik bir vana için » : $m = 0,88$

Misal:

(Şekil : 24) deki vana dipten itibaren 2 metre kalkmış olup genişliği 5 metredir. Suyun derinliği 4 metre olduğuna göre debiyi hesaplayınız.

Çözülüşü:

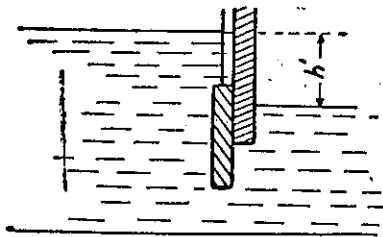
Vana düşey konumda olduğu için daralma katsayısı: $m = 0,63$ alınarak. debi formülü yazılır.

$$Q = m \cdot S \sqrt{2 g H} = 0,63 \cdot 10 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3} = 48 \text{ m}^3/\text{saniye}$$

Dip Vanası:

Eğer menfezin arka kısmı (Şekil: 26) da görüldüğü gibi h' yüksekliğinde su ile kapalı ise bu takdirde ön ve arkadaki su seviyeleri arasındaki fark, H yüksekliği olarak alınır. Bu takdirde dip ve yanlarda daralma azalacağı için $m = 0,7$ alınır.

$$Q = m \cdot S \sqrt{2 g H} = 0,7 \sqrt{2 g H}$$

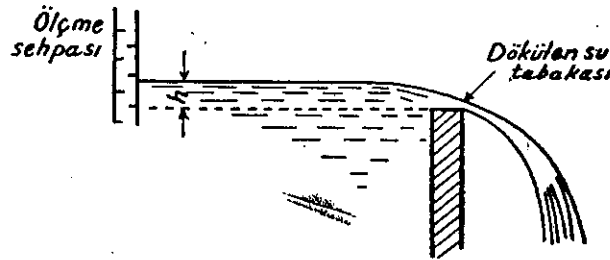


(Şekil: 26) Dip Vanası

Savaklar:

Bir su kanalının önüne çekilmiş bir setten ibaret olup üst kısmı yataydır (Şekil: 27). Eşik adı verilen bu kısımdan dökülen su tabakası ölçülebilen bir kalınlık alır.

Suyun debisi, eşğin L genişliğiyle eşikten olan h yüksekliklerine bağlıdır.

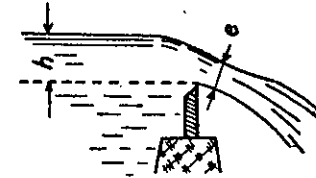


(Şekil: 27) Savak eşiginden akan su tabakasının en küçük kalınlığı ölçülebilir.

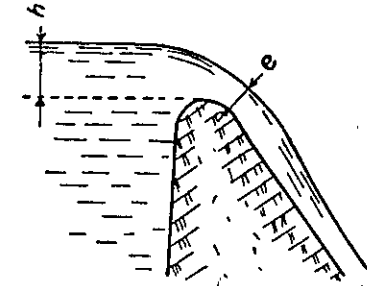
$$Q = m \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 g h}$$

m daralma katsayısı, dökülen suyun e kalınlığı ile h yüksekliğinin oranına eşittir. Tam eşğin üzerinde hız doğuşundan ötürü su tabakasının kalınlığı farkedilecek şekilde azalır. Eşik ne kadar genişlerse su tabakasının incelmeye de o derece bîrızleşir. m daralma katsayısı en ince eşik için 0,5 den başlamak üzere kalın eşiklerde 0,35 e kadar iner. (Şekil 28) de ince çeperli bir savak gösterilmiştir.

Savağın arka çeperi su tabakasının biçimine uygun yapılsa, su eşikten ayrılmadan hız kazanır ve $m=0,5$ değerini alır (Şekil: 29).



(Şekil: 28) İnce çeperli savak. $m = \frac{e}{h} = 0,5$



(Şekil: 29) Savak profili su eşığı terk etmeyecek şekilde. $m = 0,5$

Uygulama:

Bir hidrolik santralin sevk kanalı üzerinde kalın eşikli ($m = 0,35$) ve $L = 200$ m. genişliğinde bir savak vardır. Eşikten itibaren $h = 0,10$ m. lik bir su yüksekliği ölçüldüğü zaman debi ne olur. Bu yükseklik $h = 0,2$ m ye çıkınca debi ne olur?

Çözülüşü:

Bunun için yukardaki debi formülü uygulanır:

$$Q = m \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2 g h} = 0,35 \cdot 200 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,1} = 10 \text{ m}^3/\text{saniye}$$

eğer $h = 0,2$ m. ise:

$$Q = 0,35 \cdot 200 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,2} = 28 \text{ m}^3/\text{saniye}$$

Bir sevk kanalının debisini bulmak:

Bir kanalın, bir galerinin yahut bir borunun debisi, ıslanan kesit alanıyla, suyun bu kesitteki ortalama hızının çarpımına eşittir.

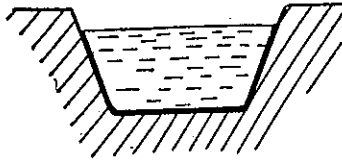
$$Q = S \cdot V$$

Kesitin hesaplanması herhangi bir zorluk göstermez. Kanallar genel olarak yamuk (Şekil: 30), galeri ve borular ise daire kesitlidir.

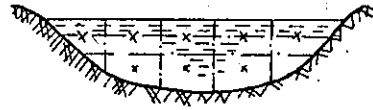
V hızı, daha önce belirtildiği gibi, pitot tüpü, vanturi sayacı gibi aygıtlarla ölçülebileceği gibi su değirmeniyle de ölçülebilir.

Su değirmeniyle hızın ölçülmesi:

Mecradan geçen suyun herhangi bir kesitinde bütün noktalarda hız aynı değeri almaz. Bu sebeple suyun, alanı bilinen bir kesitteki ortalama hızını bulmak için (Şekil: 31) de görüldüğü gibi yeteri kadar noktalar tesbit ederek buralardaki hızları bulduktan sonra ortalamasını almalıdır.



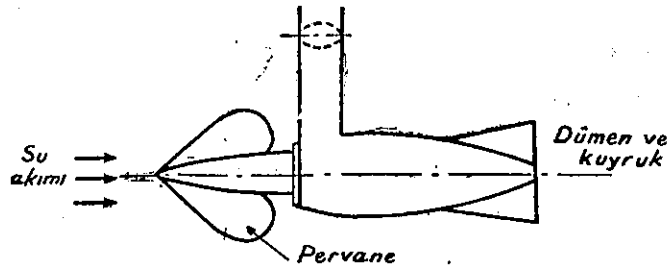
(Şekil: 30) Sevk kanalının yamuk biçimli kesiti.



(Şekil: 31) Mecra kesitinde hızları ölçülecek noktalar.

Hızların su değirmeniyle ölçülmesi için aygıtın pervanesi hızı ölçülecek noktaya getirilmelidir.

Su değirmeninin esasını çok hassas bilyalı yatak üzerine oturtulmuş bir pervane teşkil eder (Şekil: 32). Suyun hızına bağlı olarak dönen pervanenin devir sayısı, hızla göre taksimatlanan bir devir sayacı üzerinde çabucak okunabilir.



(Şekil: 32) Hızların istenen noktalardaki değerlerini belirtmeğe yarayan su değirmeni.

Değirmene takılmış bir dümen ve kuyruk tertibatı sayesinde pervane daima su akımına karşı durur.

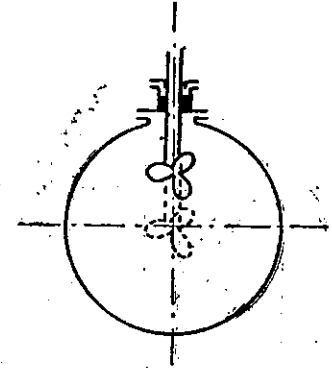
Bazı önemli borulara, içersine su değirmenini sokabilmek için, flenç ilâve edilir (Şekil: 33).

Ortalama hızı bulabilmek için burada da bir kaç ölçme yapmak gereklidir.

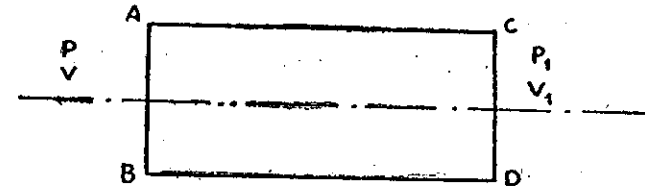
Bir mecranın ortalama hızını bulmak istediğimiz kesitin üzerine bir köprücük kurarak su değirmeniyle muhtelif noktaların hızları ölçülür.

Su borularında yük kaybı:

Suyun silindirik borulardan yahut açık kanallardan düzgün hareketle akması esnasındaki müşahedeler, Bernouilli teoreminin sonuçlarıyla uygun düşmez. Çünkü gerçek sıvılarda az çok bir lüzuciyet (koyuluk) vardır. Bunların lifleri birbirine sürtündüğü gibi çevrelerdeki çeperlere de sürtünür. Bu sebeple bir sıvı parçasığının aynı lif uzunluğundaki mecmu enerjisi Bernouilli teoreminde belirtildiği gibi sabit olmaz. Bu sabitliği muhafaza için alt seviyedeki mecmu enerjiye sürtünmelerle kaybedilen ve yük kaybı adı verilen J terimini ilâve etmelidir. Bir borudan akan suyun üst ve alt kesitleri arasında J yi de hesaba katarak Bernouilli teoremini uygulayalım.



(Şekil: 33) Önemli bir boruya su değirmeninin sokulması.



(Şekil: 34) AB ve CD kesitleri arasında yük kaybı meydana gelir.

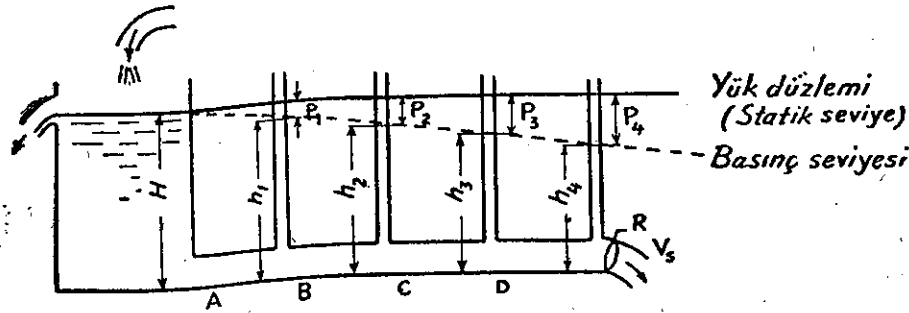
$$\frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\omega} + Z = \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\omega} + Z_1 + J$$

Burada J yük kaybı 1 kg suyun AB kesiti ile CD kesiti arasında kaybettiği enerjiyi gösterir.

Yük kaybının gösterilmesi:

Bir su beznasının alt kısmından sabit kesitli yatay bir boru ile suyun akıtıldığını kabul edelim (şekil : 35). Bu AR borusunun nihayetine bir R musluğu ve muhtelif kısımlarına da eşit aralıklarla düşey borular konmuş olsun. Musluk kapalı iken :

$$h_1 = h_2 = h_3 = h_4 = H$$



(Şekil : 35) Yük kaybının görülmesini sağlayan tertibat

Eğer R musluğunu açarak suyu akıtırsak, düşey borularda su seviyelerinin indiğini görürüz.

$$h_1 < H$$

$$h_2 < h_1$$

$$h_3 < h_2$$

$$h_4 < h_3$$

Musluktan fışkıran suyun hızı $V = \sqrt{2gh_4}$ ile hesaplanır. Bu çıkış hızı

$\frac{Q}{S}$ oranına eşit olur.

AR borusundan akan suyun V_b hızı, V_s hızından küçük olur. Aynı Q debisi S_b boru kesitinden geçeceği için, S_b nin S_s den büyük olacağı kolayca anlaşılır.

Eğer R musluğunu sonuna kadar açacak olursak, düşey boruların hepsinde: $h_1 - h_2 - h_3 - h_4$ seviyeleri düşer.

Musluk sonuna kadar açıldığı için kesidi en büyük değerini alır, dolayısıyla Q debisi de en büyük değere çıkar.

Musluktan fışkıran suyun V_s hızı da azalır. Çünkü h_4 yüksekliği azalmıştır.

En büyük debi için boru içerisindeki V_b hızı öncekine yani musluk tam açık olmadığı zamana nazaran daha büyük olmuştur.

Kesitler $S_s = S_b$ ise, gayet tabiidir ki $V_s = V_b$ olur.

Statik seviye ile basınç seviyesi arasındaki $P_1 - P_2 - P_3 - P_4$ farkları sırasıyla: AB - AC - AD - AR boru uzunluklarına tekabül eden yük kayıplarıdır. Kurulmuş bir V_b akma hızı için bu yük kayıplarının boru uzunluklarıyla orantılı olduğunu deneyler göstermiştir.

$$\frac{P_1}{AB} = \frac{P_2}{AC} = \frac{P_3}{AD} = \frac{P_4}{AR} = j$$

Burada j yük kaybı, birim uzunlukta boruya aittir.

Musluk yahut vana boru kesitini serbestleştirecek kadar açılırsa, su çıkışını önleyecek bir kısılma olmaz dolayısıyla debi de en büyük değerini alır. Fakat hidrolik santrallarda dururum hiç bir zaman böyle olmaz. Çünkü türbinleri besleyen boruların nihayetinde debiyi sınırlandıran fışkıyeler (pelton türbini) yahut da kesitleri daraltılmış kanallar (Francis ve uskur türbini) vardır. Bu sebeple mevcut besleme borularından akan suyun hızı azalarak yük kaybını hesaplamaya lüzum duyulmaz. Besleme borusu (cebri boru) nun alt kısmına konan bir monometre ile buradaki basınç ölçülür. Bunun statik basınçla farkı J yük kaybını verir.

Yük kaybının hesaplanması.

AB ve CD kesitleri arasında akan sıvı liflerinin birbirine ve boru çeperlerine olan sürtünmesini F kuvvetiyle gösterelim. Bu kuvvetin yönü akma yönüne zıttır. Bu sebeple yapacağı iş ($F \cdot L$) negatiftir. AB ve CD kesitleri arasındaki sıvının ağırlığı:

$\omega \cdot S \cdot L$ dir. (Şekil : 34). ω = Sıvının özgül ağırlığı.

S = Borunun kesiti.

L = Borunun uzunluğudur.

$F \cdot L$ işinin daha doğrusu enerjisinin birim ağırlıktaki sıvıya isabet eden miktarı yani yük kaybı:

$$J = \frac{F \cdot L}{\omega \cdot S \cdot L} = \frac{F}{\omega \cdot S}$$

Deneyler sonunda F direnci için aşağıdaki neticeler elde edilmiştir:

1 — F direnci ıslanan yüzeyle orantılıdır.

2 — F direnci sıvının özgül ağırlığıyla orantılıdır.

3 — F direnci basınçla ilgili değildir.

4 — F direnci sıvının ortalama hızının artan bir fonksiyonudur.

Dikkat edilirse bu esaslar, katı cisimler arasındaki sürtünme esaslarına tamamiyle zıttır. Katı cisimler arasındaki F sürtünme kuvveti:

1 — F direnci, sürtünen yüzeylerin büyüklüğüyle ilgili değildir.

2 — F direnci, sürtünen cisimlerin özgül ağırlıklarıyla ilgili değildir.

3 — F direnci, basınçla orantılıdır.

4 — F direnci, sürtünen cisimlerin hızıyla ilgili değildir, hattâ hız, belirli bir değeri aşarsa F direnci azalır.

Şimdi sıvıların sürtünmesine ait esaslara dayanarak yük kaybını hesaplayalım. Boru kesitinin çevresi C , boru uzunluğu L ise, ıslanan yüzey $L \cdot C$ olur. Önce F direncini, tâbi olduğu prensiplere göre, matematikçe ifade edelim.

$$F = \omega \cdot L \cdot C \cdot f(V)$$

Fonksiyon V yani $f(V)$, öncede söylendiği gibi ortalama hızın bir fonksiyonudur. Yukarıda bulduğumuz yük kaybı ifadesi:

$$J = \frac{F}{\omega \cdot S} = \frac{\omega \cdot L \cdot C \cdot f(V)}{\omega \cdot S} = L \cdot \frac{C}{S} \cdot f(V)$$

$$\text{Boru çapı } D \text{ ile gösterilirse: } C = \pi \cdot D \text{ kesit } S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

J yük kaybı ifadesinde C ve S çapına bağlı değerlerini koyarsak:

$$J = L \cdot \frac{C}{S} \cdot f(V) = L \cdot \frac{\pi \cdot D}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} \cdot f(V)$$

$$J = \frac{4 \cdot L}{D} \cdot f(V) \text{ çıkarılır.}$$

Eğer birim uzunluktaki boru için yük kaybını j ile gösterirsek:

$$j = \frac{4}{D} \cdot f(V)$$

Bu formül, yük kaybının boru çapı büyüdükçe azaldığını, sıvı hızı arttıkça da arttığını açıkça gösterir.

$f(V)$ değeri için muhtelif memleketlerde çeşitli formüller tatbik edilmektedir.

Meselâ: Darcy'ye göre:

$$f(V) = \left(a + \frac{b}{D} \right) V^2$$

Burada: hizmetteki borular için: $a = 0,000507$, $b = 0,0000193$

Flamant ise:

$$f(V) = a \cdot \sqrt{\frac{V^3}{D}}$$

Hizmetteki borular için: $a = 0,00023$ alınmaktadır.

Darcy formülü ancak çapı 0,05 ilâ 0,5 metre arasındaki borular için iyi sonuç vermektedir. Flamant formülü ise 0,01 ilâ 1 metre arasında mükemmeldir.

Misal:

Bir beton boru 57 km. uzunluğunda olup günde 2500 m³ su nakledecektir. Kabul edilen mecmu yük kaybı $J = 14,6$ metre olduğuna göre soruları hesaplayınız.

a — Birim uzunluk için yük kaybı ne kadardır?

b — Debi ne kadardır?

c — Borunun iç çapı D ne olmalıdır?

Çözülüşü:

$$a — j = \frac{J}{L} = \frac{14,6}{57000} = 0,00026 \text{ metre}$$

$$b — Q = \frac{2500}{24 \cdot 3600} = 0,028 \text{ m}^3/\text{saniye} = 28 \text{ litre/saniye}$$

c — Boru çapı D nin hesabı için aşağıdaki denklemlerden faydalanılır:

$$j = 0,00023 \sqrt{\frac{V^3}{D}} \quad (1)$$

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V \quad (2)$$

Q ve j bilinmektedir. Mevcut iki denklem vasıtasıyla bilinmeyen V ve D hesaplanır. Bu zahmetli hesap başarıldığı takdirde: $D = 0,42$ metre, $V = 0,24$ metre/saniye bulunur.

Misal:

Debi $Q = 1,6$ m³/saniye olan 1,25 metre çapındaki bir boru 5 kilometre uzunluktadır. Suyun ortalama hızını ve mecmu yük kaybı J yi hesaplayınız.

Çözülüşü:

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 1,6}{3,14 \cdot 1,25^2} = 1,35 \text{ metre/sn}$$

Birim uzunluktaki yani 1 metre uzunluğundaki boru için yük kaybı j yi Flamant formülünden çıkarabiliriz.

$$j = a \sqrt{\frac{V^3}{D}} = 0,00023 \sqrt{\frac{1,35^3}{1,25}} = 0,0012 \text{ m.}$$

Borunun mecmu uzunluğu 5000 metre olduğundan:

$$J = j \cdot L = 0,0012 \cdot 5000 = 6 \text{ metre}$$

Abaklar:

Yukarda verilen misallerde Q , V , D , j değerlerinden herhangi ikisi bilinirse, diğer ikisinin güçlük de olsa hesaplanabileceğini görmüş bulunuyoruz.

Bu türlü hesapları kolay ve çabuk bir şekilde neticelendirmek için abaklar hazırlanmıştır. Bunlardan Flamant'ın kını tanıtım. Bu abakın kullanılması kolaydır. Dört elemandan ikisine ait değerler ilgili sütünlarda işaretlendikten sonra bir cetvel kenarile diğer iki elemene ait taksimatı kesinceye kadar bir doğru çizgi çekilir. Kesim noktaları üzerinde okunan değerler aradıklarımızı verir.

Misal:

Bir borunun debisi 28 litre/saniye, her metre boru uzunluğu için yük kaybı $j=0,00025$ m. dir. Bu borunun çapı ve içersinden akan suyun ortalama hızı nedir?

Çözülüğü:

Debi taksimatı üzerinde $Q=28$ litre/saniye, Yük kaybı taksimatı üzerinde de $j=0,00025$ m. işaretlenerek bu iki bölümlü arası çaplar ve hızlar taksimatını kesmek üzere bir doğru çizgile birleştirilir. Kesim noktaları taksimat ölçeğine göre okunursa:

$D=0,39$ metre, $V=0,24$ metre/saniye bulunur.

Misal:

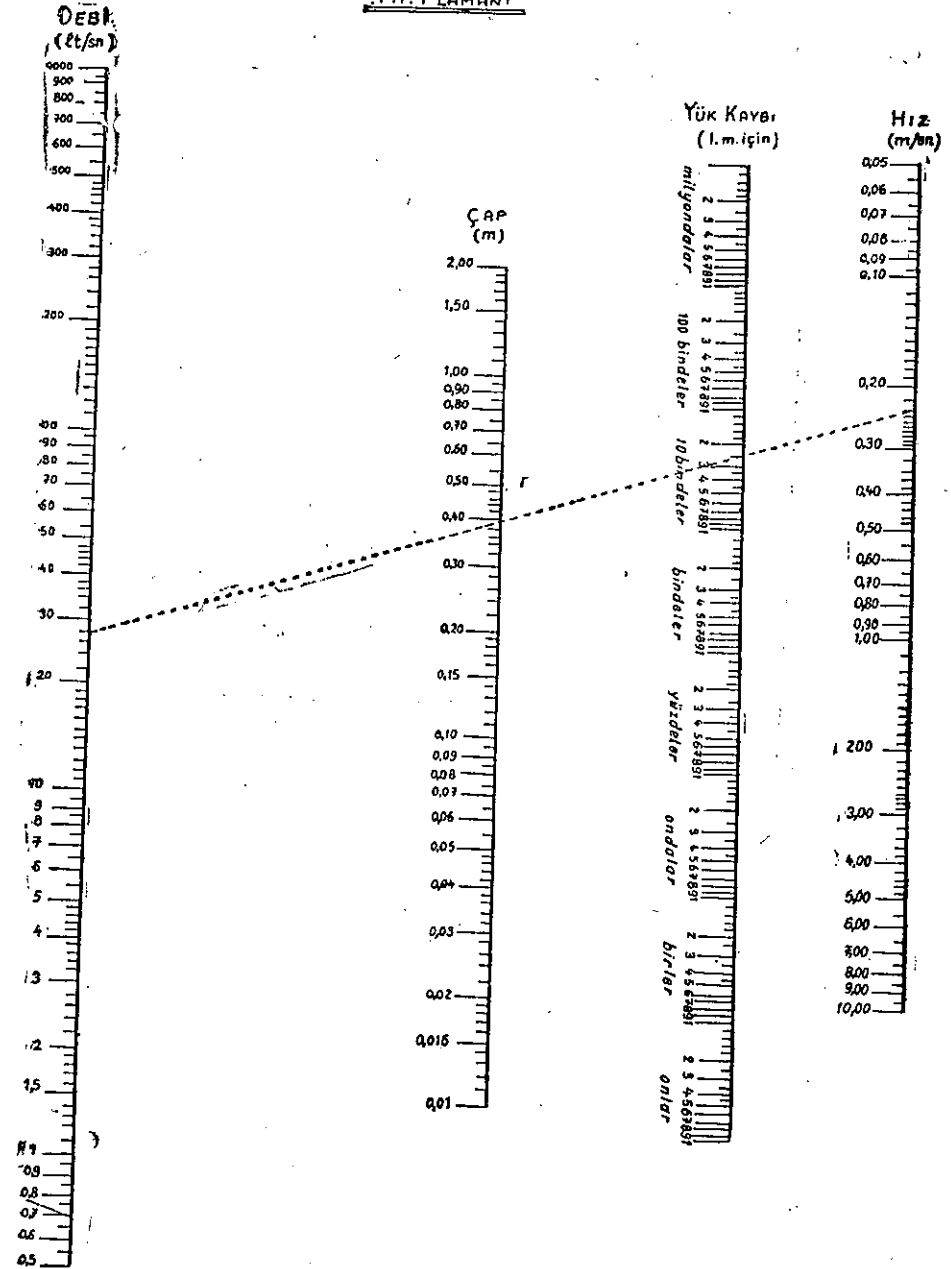
İç çapı $D=0,20$ metre olan bir borunun debisi 18 litre/saniye dir. Abak yardımı ile bir metre boru uzunluğuna ait j yük kaybını ve suyun V ortalama akma hızını bulunuz.

Çözülüğü:

Abak üzerinde $Q=18$ litre/saniye ve $D=0,20$ metre işaretlendikten sonra, bu noktalar arası, j ve V taksimatı kesilinceye kadar bir doğru çizgile birleştirilir. Bu suretle: $j=0,0026$ m ve $V=0,27$ metre/saniye bulunur.

Basma borusu:

Bir nehir veya kaynağın suyu, bir tulumbanın basma borusu ile, şehrin yüksek yerindeki bir dopoya basılır. Buradan su, kendi ağırlığı ile akarak kullanma yerlerine yani evlere dağıtılır. Ancak su borulardan akarken yük

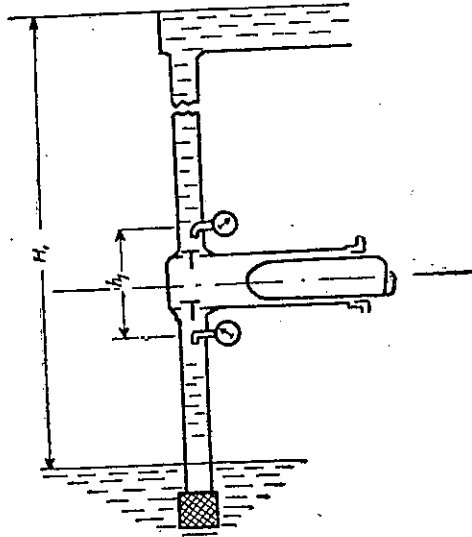
Mr. FLAMANT

kaybı dolayısıyla basıncını kaybeder. Depodan uzaklaştıkça yük kaybı artar. Bir kaynağın suyunu dağıtma deposuna yollayan basma borusunun çapı aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$D = 1,5\sqrt{Q}$$

Misal:

Bir şehrin su ihtiyacı 12 saatte 2000 m^3 dir. Bu su, bir elektrik motorunun çalıştırdığı bir tulumba ile 1 km uzunluğundaki bir boru ile basılacağına göre: (Şekil: 36)



(Şekil: 36) Bir kaynak suyunun tulumbanın basma borusu ile depoya yollanması.

- a — Basma borusunun D çapını bulunuz.
- b — Suyun V ortalama hızını bulunuz.
- c — Mecmu yük kaybı J yi bulunuz.

Çözülüğü:

- a — Önce m^3/saniye olarak Q debisi bulunur.

$$Q = \frac{2000 \text{ m}^3}{12 \cdot 60 \cdot 60} = 0,045 \text{ m}^3/\text{saniye}$$

Basma borusunun çapını veren formülden faydalanalım.

$$D = 1,5\sqrt{Q} = 1,5\sqrt{0,045} = 0,31 \text{ metre}$$

Şimdi Q ile D bilindiğine göre Flamant abakile birim yük kaybı j ve ortalama hız V bulunur. $j=0,00188$; $V=0,63 \text{ m/sn}$

$$J = j \cdot L = 0,0018 \cdot 1000 = 1,88 \text{ metre.}$$

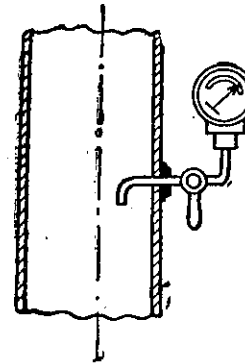
Su tulumbası için lüzumlu motor gücünü bulmak:

Bir saniyede H_1 metre yüksekliğe Q m^3 suyu çıkaracak tulumbanın çekeceği güç aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır. Emme ve basma borularından geçen suyun sürtünmelerini yani J yük kaybını yendikten sonra suyun mecmu H yüksekliğine çıkarılması gerekir. Buna göre tulumbanın faydalı gücü:

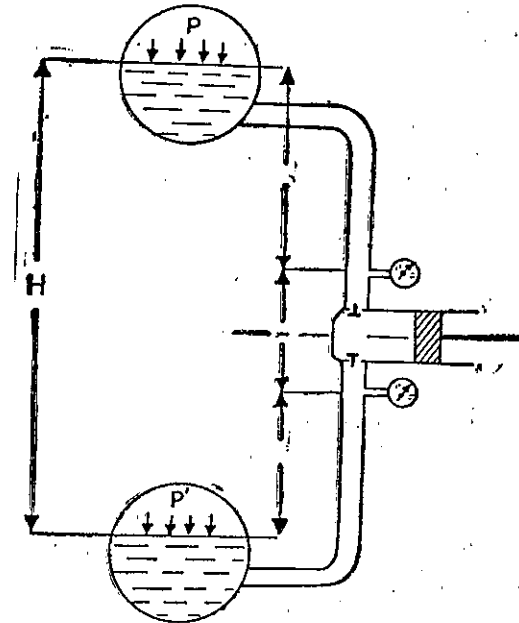
$$G_f = \frac{1000 \cdot Q \cdot (H_1 + J)}{75}$$

Buhar baygiri olur.

Emme ve basma boruları üzerine konan manometrelerle $H_1 + J$ manometrik yüksekliği ölçülür (Şekil: 36 ve 37).



Manometre eksenden çepre olan uzaklığın $\frac{1}{3}$ ine konur. Böylece ölçme sonuçları daha doğru olur.



(Şekil: 37) Emme ve basma boruları üzerine konan manometrelerle $H_1 + J$ manometrik yüksekliği ölçülür. Bunun için manometrelerin gösterdiği basınçlar su yüksekliğine çevrilerek bunların toplamına, manometreler arası düşey uzaklığı ilâve edilir.

Tulumbanın mekaniksel ve dinamik randımanı η_d , tulumbayı çalıştıran elektrik motorunun randımanı η_m ile gösterilişse, elektrik şebekesinden çekilecek güç:

$$G = \frac{1000 \cdot Q (H_1 + J)}{75 \cdot \eta_d \cdot \eta_m}$$

Misal:

Emme yüksekliği ihmal edilen bir tulumba tesisinde, basma yüksekliği $H_1 = 60$ metre olup önceki misalde verildiği gibi $Q = 0,045 \text{ m}^3/\text{sn}$ ve boru çapı $D = 0,31$ metredir. Basma borusunun uzunluğu 1800 metre olduğuna göre:

a — Gf faydalı gücü ne kadardır?

b — Tulumbanın mekaniksel randımanı $\eta_d = 0,75$ olduğuna göre elektrik motorundan çekeceği güç ne kadardır?

c — Elektrik motorunun randımanı $\eta_m = 0,95$ olduğuna göre şebekeden çekeceği güç kaç kw dır?

Çözülüşü:

a — Önceki misalde kilometre başına yük kaybı $J = 1,88$ metre bulunmuştu. Misalimizde basma borusu 1,8 km olduğundan;

$$J = 1,8 \cdot 1,88 = 3,38 \text{ metre}$$

$H_1 = 60$ metre, $J = 3,38$ metre olduğundan, faydalı güç:

$$Gf = \frac{1000 \cdot Q \cdot (H_1 + J)}{75} = \frac{1000 \cdot 0,045 \cdot 63,38}{75} = 38 \text{ B.B}$$

b — Tulumbanın elektrik motorundan çektiği güç:

$$Ge = \frac{0,045 \cdot 63,38 \cdot 1000}{75 \cdot 0,75} = 50 \text{ B.B}$$

c — Elektrik motorunun randımanı $= 0,95$ olduğundan, şebekeden çekilecek gücün kw olarak değeri:

$$G = \frac{50 \cdot 100}{95} \cdot 0,736 = 38,74 \text{ kw}$$

Ani kesit değişmelerinin sebep olduğu yük kayıpları:

Boru âni olarak büyük çaptan küçüğe geçerse (Şekil: 38) yük kaybı aşağıda gösterildiği gibi bulunur. Büyük çaplı boruyu terkeden su ince

çapreli menfezden çıktığı için daraldıktan sonra tekrar genişleyerek küçük çaplı D borusunu sarar.

$$j = 0,5 \frac{V^2}{2g}$$

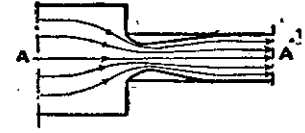
Dirsekler:

Dik açılı direklerde su lifleri aşağı yukarı (Şekil: 39) daki durumu alır. Yük kaybı ise:

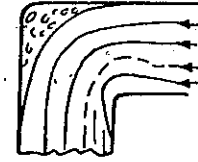
$$j = \frac{1}{4} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Burada V = ortalama hızdır. Ugun şekilde kavislendirilen dirseklerde yük kaybı: (Şekil: 40).

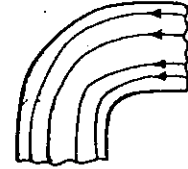
$$j = \frac{1}{10} \cdot \frac{V^2}{2g}$$



(Şekil: 38) Ani kesit değişmesi



(Şekil: 39) Keskin köşeli dirsek



(Şekil: 40) Kavislendirilmiş dirsek

Vana, süzgeç v.s gibi feri organlar için yük kayıplarını veren değerler ilgili essrlerde gösterilmiş bulunmaktadır. Bununla beraber bazı eserlerde vana ve süzgeçler için yük kayıpları boru çapına göre 5 metre uzunluğa tekabül eden yük kayıpları olarak alınmaktadır.

Sorular:

- 1 — Bernouilli teoremini gösteren denklemin çıkışını açıklayınız.
- 2 — Bernouilli teoreminin fiziksel ve geometrik mânalarını belirtiniz.
- 3 — Pitot tüpleriyle akışkan hızlarının nasıl ölçüldüğünü anlatınız.
- 4 — Venturi sayacının şemasını çizerek, bernouilli ve süreklilik teoremleri yardımıyla Debinin nasıl hesaplanacağını açıklayınız.
- 5 — Suyun ince çeparli menfezden, oluklardan aktığına göre debinin nasıl hesaplanacağını gösteriniz.
- 6 — Düşey ve eğik vanalarla savakları tanıtarak her birinde debinin nasıl hesaplanacağını açıklayınız.

7 — Bir sevk kanalının yahut herhangi bir su mecraasının debisini su değirme-niyle hesaplamak için yapılması gerekli işlemleri belirtiniz.

8 — Yük kaybı nedir? Hesaplanmasına ait esasları açıklayınız.

9 — $f(V)$ yi veren Darcy ve Flamant formüllerinin neye yarayacağını belirti-niz. Flamant abakile ne türlü problemlerin çözülebileceğini gösteriniz.

10 — Basma borusu neye yarar? Bir su tutlumbası için lüzumlu faydalı güç nasıl hesaplanır? Mekaniksel randımanı açıklayınız.

Alıştırıcılar:

1 — İç çapı 300 mm olan bir borudan $V=0,4$ m/sn hızla su geçmektedir. Bu borunun üst kesitinin ağırlık merkezinden 50 m lik bir düşey mesafede bulunan 100 mm iç çapındaki bir borudan akan suyun hızını ve debisini hesaplayınız. Üst kesitteki bir monometre $P_1=5$ kg/cm² alt kesitteki manometre ise $P_2=3$ kg/cm² basınç gösterdi-gine göre bu iki kesit arasında uğranılan yük kaybı nedir?

Cevap: 3,6 m/sn, 0,28 m³/sn, 1,35 m

2 — Bir nehrin belirli bir yerinde pitot aygıtıyla 60 cm lik bir basınç farkı tesbit edilmiştir. Pitot tüpünün ağzı suyun serbest yüzünden 3 metre derinliğe kondu-ğuna göre:

a — Pitot tüpü ağzının bulunduğu yerde suyun hızı ne kadardır. Bu noktadaki mecra kesiti 2,5 m² alanında ise, bu hızla göre debi ne olur?

b — Dinamik basınç tüpündeki basınç değeri kg/cm² olarak ne kadardır?

c — $h-h'=60$ cm - su olduğuna göre, bu basınç farkının cıva yüksekliği cin-sinden değeri nedir?

Cevap: 3,42 m/sn, 8,5 m³/sn, 0,36 kg/cm², 4,4 mm - cıva.

3 — İnce çeperli dairesel bir menfezin ağırlık merkezinden haznenin serbest su yüzeyine kadar olan uzaklığı 15 m ise, gerçek debi ne olur? Menfezin çapı 10 cm dir.

Bu menfeze $L=3d$ uzunluğunda silindirik bir oluk takılırsa debi ne değer alır. Neticeleri kıyaslayarak oluğun tesirini açıklayınız. Cevap: 0,0830 m³/Sn ve 0,107 m³/Sn

4 — İnce çeperli dairesel bir menfezin alanı 6 dm² olup saniyede 800 litre su akması istenmektedir. Menfez ağırlık merkezinden, su serbest yüzeyinin uzaklığı ne olmalıdır? Cevap: 33,9 m.

5 — 60 derece eğik bir vana, dikdörtgen biçiminde oluk tabanı 3 metre, yüksek-liği ise 4 metredir. Bu vananın üst kenar hizasına kadar su bulunduğu göre:

a — Vana yüzeyine gelen su itmesi kaç kg. dir?

b — Vana 300 kg ağırlığında ise; randımanı % 30 olan vida - somun tertibatıyla açılabilmesi için kaç kilovatlık bir elektrik motoruna ihtiyaç vardır. Vana-nın 30 saniyede 60 cm. lik bir yolu kayıtlar arasında kayarak alması isten-mektedir. Kızakların kayıtlarla olan sürtünme katsayısı $f=0,4$ dir.

c — Vana 60 cm. kalkık olduğu zaman, su üst kenar hizasındaki seviyesini muha-faza ettiğine göre, debi ne olur?

Yol gösterme:

Problemin b kısmını hesaplarken vana ağırlığını biri çeper yüzeyine dikey diğeri ise paralel iki bileşene ayırmalıdır. Vanayı açmak için paralel bileşenle sürtünme di-renci toplamına eşit bir kuvvet tatbik edileceğine dikkat edilmelidir. Sürtünme direnci hesaplanırken su itmesine, vana ağırlığının dikey bileşenini ilâve etmelidir.

Cevap: 4156 kg., 28 kw., 5,5 m³/sn.

6 — İç çapı 0,6 metre olan yatay bir borunun arasına vanturi sayacı teşkil etmek üzere iç çapı 0,3 metre olan daraltılmış bir kısım konulmuştur. Borulardan sürekli olarak akan sudan dolayı büyük kesitli boru ile küçük kesitli boru arasına konan U biçiminde kıvrılmış borudaki cıva seviyeleri arasındaki fark 30 mm. olduğuna göre, debiyi hesaplayınız.

Yol gösterme:

Büyük ve küçük kesitler arasında Bernoulli teoremini uygulayarak, cıva yükseli-ğiyle ölçülen basınç farkına karşılık kinetik enerjinin artacağını düşününüz. 30 mm — cıva basıncının metre — su olarak karşılığını bulunuz. Debi sürekliliğini göz önün-de tutarak, hızlar oranının değerini, bilinen çaplara bağlı olarak yazınız. Büyük yahut küçük kesitteki hızı hesapladıktan sonra debiyi bulunuz.

7 — Bir haznenin sabit tutulan su seviyesiyle menfez eksenini arasındaki uzaklık 2 m olup hazneye sürekli olarak 5 lt/sn su akmaktadır. Daralma katsayısı $m=0,946$ olmak üzere hazırlanmış bulunan yakınsak oluğun çıkış çapını hesaplayınız.

Cevap: $d=104$ mm

8 — Bir savağın eşik seviyesi serbest su yüzeyinden 400 mm aşağıdadır. $Q=700$ litre/saniyelik bir debi elde etmek için L genişliği ne olmalıdır. Daralma kat-sayısı $m=0,42$

Cevap: $L=1,49$ metre

9 — Debisi $Q=100$ litre/saniye olan 1500 metre uzunluğundaki doğrusal bir borunun iç çapı $D=0,9$ m dir. Sorulanlar:

a — Darcy formülü ile mecmu yük kaybını hesaplayınız.

b — Flamant formülü ile mecmu yük kaybını hesaplayınız.

c — Flamant abakından faydalanarak hız ve mecmu yük kaybını bulunuz.

Cevap: 0,07 m. ve 0,157 m/sn.

10 — Öğrenci ve diğer çalışanların sayısı 1000 kişiyi bulan bir okulda, bütün ihtiyaçları da göz önünde tutarak, her şahıs için günde (12 saatte) 200 litre su lazım olacağı tesbit edilmiştir.

Bir elektrik motorunun çalıştırdığı suya gömülü bir tulumbanın 1,5 km uzun-luğunda ve $D=30$ cm çapındaki basma borusu ile bu su bir depoya basılacaktır. So-rulanlar:

a — Basma borusunun debisini lt/sn olarak bulunuz.

b — Suyun v ortalama hızını hesaplayınız.

c — Flamant abakile mecmu yük kaybı J yi belirtiniz.

Cevap: 4,65 litre/sn. $v=0,23$ m/sn. $J=0,675$ m

11 — Yukardaki problemde verilen tulumbanın mekaniksel randımanı % 80, elektrik motorunun randımanı ise % 85 dir.

Basma yüksekliği 120 metre olduğuna göre:

a — Tulumbanın faydalı gücü kaç B. B. dir?

b — Şebekeden çekilen güç kaç kilovattır?

c — KW - saat için 30 kuruş ödendiğine göre yıllık elektrik masrafı kaç lira olur?

12 — Bir tulumba tesisinin emme borusu üzerindeki manometre 0,2 kg/cm², basma borusu üzerindeki manometre 8,5 kg/cm² basınç göstermekte olup ikisi arasındaki düşey uzaklık, 1 metredir. Yapılan bir denemede iç çapı 1 metre, yüksekliği 2 m. olan bir varil 70 saniyede dolmuştur. Bu bilgilere göre:

a — Tulumbanın debisi kaç lt/sn dir?

b — Emme borusundan akan suyun hızı 1 m/sn olması için iç çapı ne olmalıdır?

c — Emme borusu 10 m uzunlukta olup her biri 5 m doğrusal boruya denk bir dirsek ve bir de süzgeçli vana bulunduğuna göre, mecmu yük kaybı ne olur?

d — Basma borusundan akan suyun hızı 2 m/sn olması için borunun iç çapı ne olmalıdır?

e — Basma borusu 25 m uzunlukta olup her biri 5 m boruya denk 2 dirsek bir de vana bulunduğuna göre, mecmu yük kaybı ne olur? (Yük kayıpları için Flamant abakından faydalanınız).

f — Tayin edilen yük kayıplarına göre H_1 geometrik yüksekliği ne olmak icap eder?

g — Tulumbanın dinamik randımanı % 70 olduğuna göre kaç B.B. lik bir motor lazım olacağını hesaplayınız.

Yol gösterme: Emme boşluğu, emme yüksekliğine çeşitli yük kayıplarının toplamına eşittir. Basma yüksekliğine çeşitli yük kayıplarının toplamı, basmaya ait monometrik yüksekliktir.

TULUMBALAR

Tanıtma:

Bir akışkanın bir yerden diğer bir yere taşınması için kullanılan aygıtlara tulumba denir. Meselâ: otomobil gibi çok yaygın bir araçta üç tane tulumba vardır: yağ tulumbası, benzin tulumbası ve su tulumbası gibi.

Tulumbaların genel tasnifi:

Değişik tiplerde çeşitli bir çok tulumbalar vardır. Bunları iki esaslı bölümün içersine sokmak uygun olur:

A — Hacimsel tulumbalar.

B — Türbinli tulumbalar.

Hacimsel tulumbalar:

Bir yerden diğer bir yere taşınacak bir sıvının, emme ve basma boruları arasındaki irtibatını değişken bir hacim vasıtasile temin eden araca hacimsel tulumba denir. Bu tulumbaların çeşidi, biri rotor adı verilen hareketli tehzizat diğeri ise sabit zarf kısmından ibaret olan türbinli tulumbaların çeşidinden çok fazladır.

Pistonlu tulumbalar:

Pistonlu tulumbalar basit ve çift etkili olmak üzere iki kısımdır. Pistonun müteakip iki kursundan yalnız biri sıvıyı basarsa tulumba basit etkili her kursta sıvı basılırsa tulumba çift etkilidir. Bunların ev hizmetlerinde kullanılanları olduğu gibi endüstride kullanılanları da vardır.

Basit etkili emme tulumba:

Evlerde kullanılan bu tulumbaya ait basit bir şema (Şekil: 41) de gösterilmiştir. *a* gövdesi genel olarak fontandır. *e* kaldırıcı, *b* pistonuna gövde içersinde tatlı bir sürtünme ile iniş çıkış hareketi verir. Tulumba gövdesinin emilen su ile irtibatı alttaki *c* kurşun borusuyle sağlanır. Pistonun ortasındaki delik aşağı yukarı hareket edebilen bir *s* meşin supapiyle kapalıdır. Emme borusunun gövdeye birleştirilen kısmına bir *S'* supapı veya klapesi konmuştur.

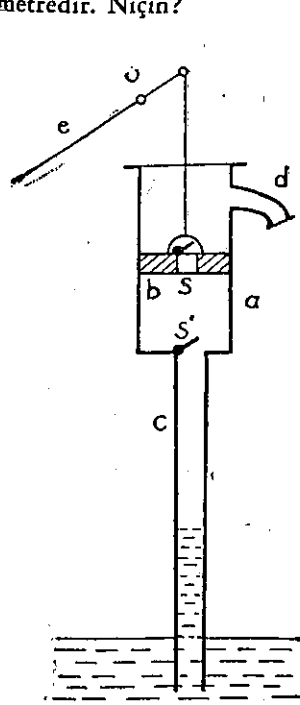
Tulumba gövdesindeki su, *d* oluğundan akar.

Pistonu kursunun alt kısmında, emme borusunu da atmosfer basıncındaki hava ile dolu farzedilmiş olsun. *s* ve *s'* klapeleleri ağırlıklarıyla kapalı kalır. Piston yukarı hareket edince *s* klapesi kapalı kaldığı halde *s'* klapesi

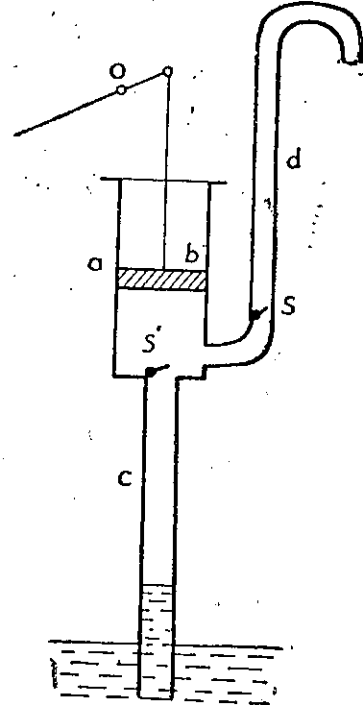
açılarak emme borusundaki havanın tulumba gövdesine girmesine sebep olur. Emme borusunda havanın azalmasıyla basınç da azalacağı için su yükselir. Boru içersindeki havanın basıncıyla suyun basıncı toplamı atmosfer basıncına eşit olacak şekilde su yükselir. Piston kursunun üst kısmına gelince s' klapesi kendi ağırlığıyla kapanır. Piston tekrar indirilirken tulumba gövdesindeki hava sıkışır. Bu esnada s klapesinin açılmasıyla dışarı atılır. Piston tulumba gövdesinin alt kısmından tekrar yukarı hareket ettirilince emme borusundaki su da bir miktar yeniden yükselir. Bu şekilde bir kaç piston darbesinden sonra su, tulumba gövdesine ulaşır. Bu esnada tulumba kavramıştır yahut ağızlamıştır denir. Aşağı indirilince sıkışanın basınçıyla s klapesi açılarak su, pistonun üst yüzüne geçer ve pistonu yukarı çıkarırken d oluğundan akar.

Emme yüksekliği:

Teorik emme yüksekliğinin sıvının özgül ağırlığına, aynı cins sıvı için kot (deniz seviyesinden olan yükseklik) ve sıcaklığa göre değişir. Deniz seviyesinde sıcaklığı $+4$ derece olan su için teorik emme yüksekliği 10,33 metredir. Niçin?



(Şekil: 41) Basit etkili emme tulumba'nın şeması.



(Şekil: 42) Emme - basma tulumba'nın basit şeması

Atmosfer basıncının kotla azaldığı bilinmektedir. Her 100 m de basınç azalışının su yüksekliği cinsinden karşılığı: 0,125 metre-sudır. Meselâ Ankaranın kotu 800 metre olduğuna göre kaybedilecek emme yüksekliği; $0,125 \cdot 8 = 1$ metredir. Şu halde Ankara için teorik emme yüksekliği: $10,33 - 1 = 9,33$ m dir.

Emilen sıvı sıcak ise, bundan üreyecek buharın basıncı da yüksek olacağından emme yüksekliğinin azalmasına sebep olur.

Emme yüksekliğinin pratik sınırı, emme borusunun, süzgeç, dirsek ve klape gibi parçaların yük kayıplarına bağlı olarak değişir.

Tatbikatta emme yüksekliği 8 metrenin üstüne pek çıkamaz. Yük kayıplarını azaltmak için emme borularında fazla dirsek bulundurmamakla beraber su hızının da daima 1 metre/saniyeden aşağı kalmasına dikkat etmelidir.

Emilen su, derinde ve emme borusu da çok uzun ise, emmenin mümkün olup olamayacağını daima hesapla kontrol etmelidir. Emmeye ait manometrik yüksekliğin; geometrik emme yüksekliği + yük kayıpları + kot ve sıcaklık yüzünden uğranılacak kayıplar toplamı, metre-su ile gösterilen atmosfer basıncından bariz şekilde daha az olmalıdır.

Yapraklarla tıkanan süzgeç, iyi işlemeyen bir tulumba klapesi emmeyi engelliyen başlıca sebeplerdendir.

Kota ve emilen suyun sıcaklığına göre kaybedilen emme yükseklikleri

Kot metre	Kaybedilen emme yüksekliği: m-su	Suyun sıcaklığı	Kaybedilen emme yüksekliği: m-su
100	0,125	10 C	0,125
500	0,625	15 C	0,173
600	0,750	20	0,236
700	0,870	25	0,320
800	0,990	30	0,420
900	1,110	35	0,570
1000	1,220	40	0,745
1200	1,440	45	0,970
1400	1,660	50	1,250
1600	1,880	60	2,040
1800	2,090	70	3,160
2000	2,290	80	4,800
2500	2,804	90	7,150
3000	3,230	100	10,330

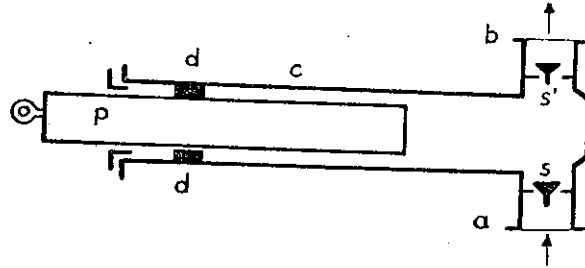
100 derecedeki su emilemez, ancak su, yüklenerek tulumba ile basılabilir.

Emme-Basma Tulumba:

Evlerde kullanılan bu tulumba ile su, herhangi bir yüksekliğe çıkarılabilir (Şekil: 42). *a* tulumba gövdesi içerisinde hareket eden *b* dolu pistonu emme borusundan çektiği suyu gövdeye celbeder. Gövdenin alt kısmına bağlanan *d* basma borusu suyu yükseltir. Basma borusu aşağıdan yukarı doğru açılan bir *s* klapesiyle kapanır. Emme borusundaki *s'* klapesi emme tulumba da olduğu gibi aşağıdan yukarı doğru açılır. Kavrama safhasına kadar bu tulumbanın işleyişi emme tulumbadakinin aynıdır. Biricik fark, havanın basma borusu ile atılmasından ibarettir. Tulumba kavradığı zaman Piston baskısı altında bulunan su, *s* klapesini açarak basma borusundan yükselir. Piston kurs hacmi kadar emme yapmak üzere yukarı hareket ederken bu klape yuvasına oturarak basma borusundaki suyu tutar.

Endüstri tulumbarı:

(Şekil: 43) de buhar kazanını su ile beslemekte kullanılan ve dalma pistonlu adı verilen basit etkili bir tulumba gösterilmiştir. Tulumba gövdesinin eksenı yataydır. *P* pistonu sola ilerlerken *s* supapı kalkarak *a* emme borusundan gövde içersine su girer; sağa hareketi esnasında ise *s'* supapını kaldırarak *b* basma borusundan suyu kazana basar.



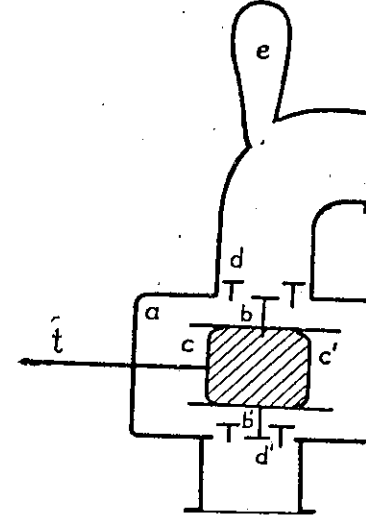
(Şekil: 43) Dalma pistonlu emme-basma tulumba.

Çift etkili tulumba:

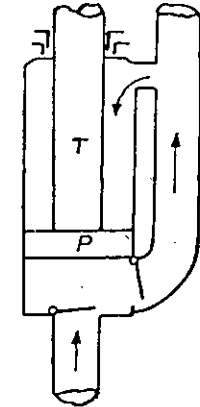
Endüstride kullanılan çift etkili tulumbar çok çeşitlidir. (Şekil: 44) de şeması verilen Werthington tulumba buhar kazanlarını besleyen tipe aittir. Bunun *a* odası içersinde *cc'* silindirik gövdesi vardır. *P* pistonu bu gövdenin içersinde gidiş-geliş hareketi yapar. *bb'* halka biçimli bölmesi *a* odasını iki kısma ayırır.

Diferansiyel tulumba:

Bu tulumba iniş ve çıkış kurslarında aynı değerde mekaniksel iş çekmek üzere yapılır. (Şekil: 45) te bir diferansiyel tulumbanın şeması gösterilmiştir. *P* pistonunun çapına nispetle *T* kolunun çapı hayli büyüktür. Bu kol ile silindir arasındaki halka biçimli boşluk, basma borusu ile irtibatlıdır. Bunun sonucu olarak piston inerken bas-



(Şekil: 44) Çift etkili Werthington tulumba.



(Şekil: 45) Diferansiyel tulumbanın şeması.

tağı suyun bir kısmı bu boşluğa gelir. Piston yukarı hareketi esnasında alt yüzü ile emerken üstü ile de halka biçimli boşluktaki suyu basar.

$S = P$ pistonu kesitinin yüzeyi,

$s = T$ kolunun kesit yüzeyi,

$h_b =$ Basma manometrik yüksekliği,

$h_e =$ Emme manometrik yüksekliğidir.

Pistonun yukarı hareketi esnasında çekeceği mekaniksel iş aşağıdaki bağıntı ile orantılı olur.

$$S \cdot h_e + (S - s) \cdot h_b$$

Çıkış ve iniş kursları esnasındaki işlerin aynı olması aşağıdaki bağıntı ile sağlanabilir.

$$S \cdot h_e + (S - s) \cdot h_b = S \cdot h_b - (S - s) \cdot h_b = s \cdot h_b$$

$$\text{Bundan: } \frac{S}{s} = \frac{2 \cdot h_b}{h_e + h_b} \quad \text{çıkarılır.}$$

Ekseriya h_b nin yanında h_e ihmal edilebildiği için: $S = 2 \cdot s$ alınır.

Pistonlu tulumbalarda güç ve randıman hesabı:

Aşağıdaki bilinenlere göre, bir tulumbanın debisini ve buna bağlı olarak gücünü ve randımanını hesaplamak mümkündür.

S = Pistonun kesiti, m^2 olarak.

V_0 = Pistonun ortalama hızı, metre/saniye olarak.

L = Piston kursu, metre olarak.

η_v = Hacimsel randıman.

n = Pistonun gidiş-geliş hareketini sağlayan manivelâ milinin dönme hızı, devir/dakika olarak.

i = Basit etkili bir tulumba için 1, çift etkili için ise 2 dir.

Q = Tulumbanın debisi, $m^3/saniye$ olarak.

S = piston kesitinin hesabı kolaydır: $S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$

Burada: D pistonun çapıdır.

Pistonun V_0 ortalama hızı manivelâ milinin dönme hızından ve manivelâ uzunluğundan faydalanılarak hesaplanır. Piston üst ölü noktada iken manivelâ muylusuna yarım devir yaptırılırsa piston, gidiş kursu L yi tamammanivelâ muylusu aynı yönde yarım devir daha yaparsa piston, dönüş kursu L kadar bir yol alarak ilk konumuna yani üst ölü noktasına döner. Piston ölü noktalarında iken hızı sıfırdır, manivelânın dönüş hareketi esnasında bir ölü noktadan itibaren hız artarak gider ve diğer ölü noktaya yaklaştıkça hız azalır. Böylece pistonun bir devirdeki hızı, periyodik olarak değişir. Bu değişken hızlara tekabül eden debiler de şüphesiz değişken olur. Eğer hız için bir ortalama değer hesaplanırsa, debinin de ortalama değeri bulunabilir.

Manivelâ muylusunun bir devrinde piston $2 \cdot L$ kadar bir yol alır. Manivelâ uzunluğu r ile gösterilirse: $2 \cdot r = L$ olur. Manivelâ dakikada n devir yaptığına göre, piston da $2 \cdot L \cdot n$ kadar bir yol alır. Bunun saniyeye isabet eden ortalama hızı verir. $V_0 = \frac{2 \cdot L \cdot n}{60}$

L = piston kursu da metre cinsinden alınır, ortalama hız metre/saniye cinsinden elde edilir.

Çift tesirli tulumbanın her kursunda su basıldığından;

Bir devirde basılan su miktarı: $2 \cdot S \cdot L$ dir. Makine n dev./dk. ile çalışıyorsa bir saniyedeki devir sayısı $\frac{n}{60}$ olur.

Şu halde debi:

$$Q = \frac{2 \cdot S \cdot L \cdot n}{60} \text{ olur.}$$

$$\frac{2 \cdot L \cdot n}{60} = V_0 \text{ olduğundan}$$

$$Q = S \cdot V_0 \text{ yazılır.}$$

Bu debi çift etkili bir tulumbaya aittir. Basit etkili tulumbada debi bunun yarısına eşit olur. Buna göre; genel olarak gerçek debi, hacimsel randıman göz önünde tutularak aşağıda gösterildiği gibi yazılır:

$$Q = \frac{\eta_v \cdot S \cdot i \cdot n \cdot L}{60} = \frac{\eta_v \cdot S \cdot i \cdot V_0}{2}$$

Kaçaklar dolayısıyla birim zamanda gerçekten basılan su hacminin teorik debiye oranı hacimsel randımanı verir.

$$\eta_v = \frac{2 \cdot Q}{S \cdot i \cdot V_0}$$

Hacimsel randıman:

İyi yapılmış orta büyüklükteki tulumbalar için: $\eta_v = \%90 - \%95$, iyi kurulmuş küçük tulumbalar da ise: $\%85 - \%90$ dır.

Basit etkili tulumbalarda manivelânın bir devrinde sadece bir kursta su basıldığı için $i = 1$; çift etkili tulumbalarda ise manivelânın bir devrindeki iki kursda da su basıldığı için $i = 2$ alınır.

Gücün ve dinamik randımanın hesaplanması:

Tulumbanın emme haznesi üst seviyesinden su deposu üst seviyesine kadar çıkardığı 1 kg. sıvı için gerekli enerji miktarı: $H_1 + J = H$ kgm. dır. Burada H mecmu manometrik yüksekliği H , mecmu geometrik yüksekliği, J ise emme ve basma borularıyla mevcut vana, dirsek v.s. nin yük kayıpları toplamını gösterir.

h_s emme yüksekliğine, emme borusunun ve üzerindeki dirsek, süzgeç vesairenin yük kayıpları ilâve edildiği zaman elde edilecek su yüksekliği, kot ve sıcaklık da göz önünde tutulmak suretile bulunacak teorik emme yüksekliğinden daha az olmalıdır.

Suyun h_b basma yüksekliğine çıkarılabilmesi için, basma borusu ve üzerindeki ferri organların yük kayıplarını bu yüksekliğe ilâve etmelidir.

Eğer emme borusundaki yük kaybına J_1 , basma burusundakine de J_2 dersek:

$$H = h_s + J_1 + h_b + J_2 = (h_s + h_b) + (J_1 + J_2) = H_1 + J \text{ olur.}$$

Tulumbanın gerçek hacimsel debisi Q m³/saniye ise, bunun ağırlık cinsinden debisi: $\omega \cdot Q$ kg/saniye olur.

Buna göre faydalı güç: $G_f = \omega \cdot Q \cdot H$ kgm/sn olur.

Tulumba, kendisini çalıştıran motorun milinden G gücünü çekiyorsa, bunun bir kısmı mekaniksel sürtünmeler ve tulumba gövdesindeki yük kayıpları dolayısıyla kaybolur. Tulumbanın dinamik randımanı:

$$\eta_d = \frac{\omega \cdot Q \cdot H}{G} \text{ olur.}$$

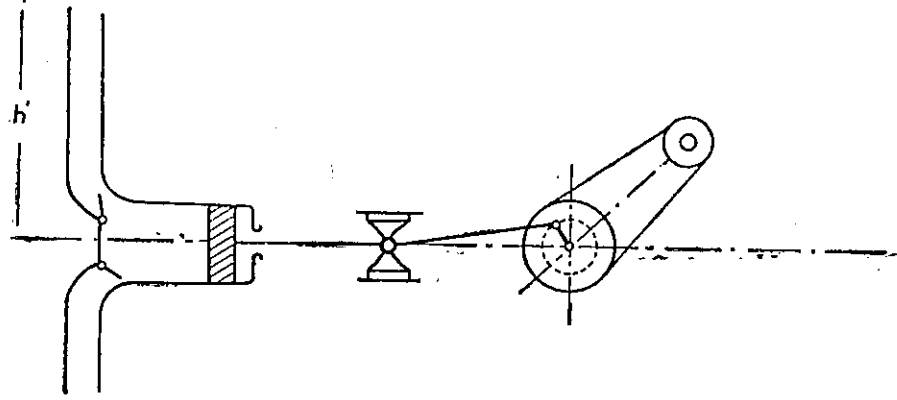
Endüstride kullanılan tulumbaların dinamik randımanı % 80 civarındadır.

Uygulama:

Basit etkili bir tulumbanın dalma pistonu 70 mm. çapında olup kursu $L = 100$ mm. dir. Emme yüksekliği ihmal edilebilen bu tulumbanın basma yüksekliği $h_b = 45$ m. ve mecmu yük kaybı $J = 5$ m. dir. Hacimsel randıman $\eta_v = \%90$ dir.

Pistonun hareketi biyel manivela — sistemile bir elektrik motorundan alınmaktadır. Manivela mili 120 devir/dakika, elektrik motoru mili ise 1000 devir/dakika yapmaktadır. Motor kasnağının çapı 90 mm. dir. Soruları hesaplayınız:

a — Motopomp tesisinin randımanı %80 olduğuna göre elektrik motorunun gücü kaç kw olmak lâzımdır?



(Şekil: 46) Basit etkili tulumba ve hareket ileten mekanizmaların şeması.

b — Kayışa gelen en büyük F çekme kuvveti, kasnakteki teğetsel kuvvetin 3 katı olduğuna göre, uygun çekilme gerilimi $\sigma_e = 0,3$ kg/mm² olan kayışın kesit boyutlarını hesaplayınız (Şekil: 46).

Çözülüşü:

Dinamik randıman formülünü yazarak bilinen ve bilinmeyenleri tesbit edelim.

$$\eta_d = \frac{\omega \cdot Q \cdot H}{G}$$

Bilinenler: $\eta_d = \%80$, Mecmu manometrik yükseklik $H = 45 + 5 = 50$ m.

Özgül ağırlık $\omega = 1000$ kg/m³. $\eta_v = \%90$.

Bilinmeyenler: Q gerçek debisi ve motordan çekilen G gücüdür.

$$\text{Gerçek debi: } Q = V_o \cdot S \cdot \eta_v \cdot i = \frac{2 \cdot L \cdot n}{60} \cdot S \cdot i \cdot \eta_v$$

$$Q = \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 120}{60} \cdot \frac{3,14 \cdot 0,07}{4} \cdot 0,90 \cdot 1 = 0,0014 \text{ m}^3/\text{saniye}$$

$$G = \frac{\omega \cdot Q \cdot H}{\eta_d} = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 0,0014}{0,80} = 87,5 \text{ kgm/saniye}$$

$$1 \text{ kgm/saniye} = 9,81 \text{ jul/saniye} = 9,81 \text{ wat eder}$$

$$87,5 \cdot 9,81 = 858 \text{ wat} \quad G = 0,858 \text{ kw}$$

Kayış hesabına gelince: bilindiği gibi, kayış çekilmeye çalışır.

$$\sigma_e = \frac{F}{S} \text{ dir.}$$

F kuvveti motor kasnağına gelen teğetsel kuvvetin 3 katı olduğu belirtilmiştir.

Motor kasnağındaki teğetsel F_t kuvvetinin hesabı:

$$F_t = 716,2 \cdot \frac{G}{n \cdot r} \text{ ile bulunur.}$$

Burada G = Buhar beygiri cinsinden güç, n = devir/dakika olarak dönme hızı, r = kasnağın yarı çapı metre olarak.

$$F_t = 716,2 \cdot \frac{0,858 \cdot 1,36}{1000 \cdot 0,043} = 18 \text{ kg}$$

$F = 3 \cdot 18 = 54$ kg, kayışın kalınlığı $e = 4$ mm ise, kayış genişliği l dayanım formülü ile hesaplanır.

$$\sigma_e = \frac{F}{S} = \frac{54}{e \cdot l} = \frac{54}{4 \cdot l}$$

$$l = \frac{54}{0,3 \cdot 4} = \frac{64}{1,2} = 45 \text{ mm} \quad \text{bulunur.}$$

Pistonlu tulumbalarda debinin düzgünleştirilmesi:

Pistonlu tulumbaların debisi düzgün değildir. Basit etkili bir tulumba emme esnasında su temin etmez, ancak basma kursunda bir önceki kursda emdiği suyu basar. Pistonun V hızı değişken olup âni değeri:

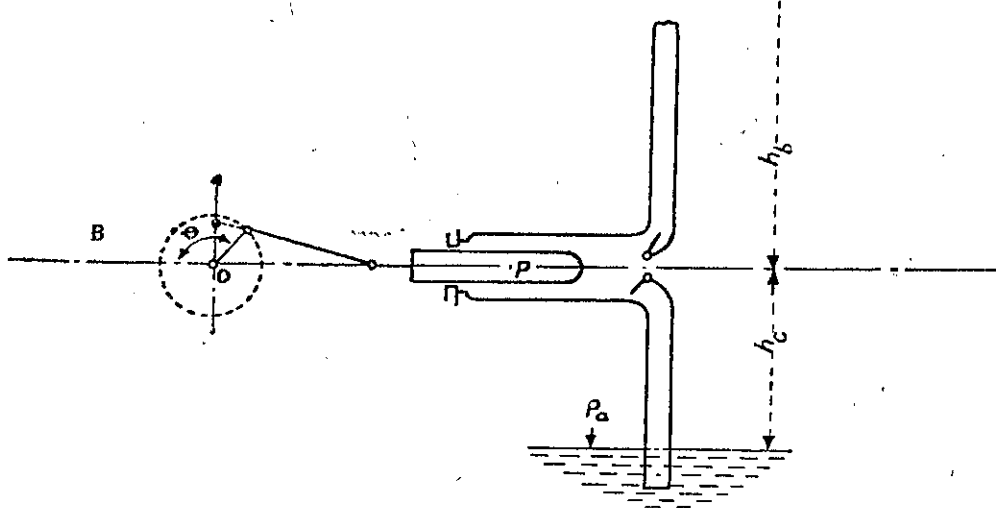
$$V = w \cdot r \cdot \sin \theta \quad \text{olur.}$$

Buna göre; Debi: $Q = S \cdot V = w \cdot r \cdot \sin \theta$

Burada: w = açısal hız, r = manivelâ uzunluğu, θ = manivelânın tulumba eksenine yaptığı açıdır. Bunun grafiklerle göstermek için apsis eksenine üzerine değişken olan θ açısını, ordinat eksenine de Q debisini nakledeyiz. Böylece basit ve çift etkili tulumbalarla, debiyi düzgünleştirmek üzere aynı krank miline belirli açılar altında bağlanmış muhtelif pistonlu tulumbaların debi değişimleri grafiklerle gösterilebilir.

Basit Etkili Tulumba:

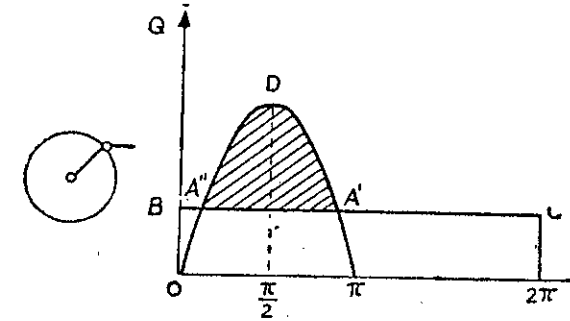
Bilindiği üzere basit etkili bir tulumba bir kursda emdiği suyu, onu takip eden kursta basar. Manivela basma kursunun başlangıcındaki B noktasında iken (Şekil: 47), ölü noktalardan geçen eksenle yaptığı θ açısı



(Şekil: 47) Manivelâ-Biyel sistemle devitgen milin dönme hareketini pistonla doğrudan doğruya gidış-dönüş hareketi halinde iletmek.

sıfırdır, ok yönünde yarım devir yaptığı zaman, piston basma kursunu yaparak tulumbadaki suyu basma borusuna gönderir. Ancak herhangi bir andaki hız: $V = w \cdot r \cdot \sin \theta$ olduğundan, âni debi: $Q = S \cdot V = S \cdot w \cdot r \cdot \sin \theta$ olur.

Demek oluyor ki debi, bir sinüs eğrisinin ordinatı gibi değişir (Şekil: 48). Apsis eksenine üzerine manivelânın bir devrine tekabül eden θ açılarının değerlerini ordinat eksenine üzerine de bunlara tekabül eden âni debileri taşıyarak debi değişimini gösteren eğri çizilir.



(Şekil: 48) Basit etkili tulumbada debi değişimi.

θ = Sıfır iken, $\sin \theta = 0$ olduğundan: $Q = 0$ olur. $\theta = 90$ derece = $\frac{\pi}{2}$ radyan iken, $\sin \theta = 1$ olduğundan, âni debi en büyük değerini alır; $Q = w \cdot r \cdot S$ olur.

$\theta = 180$ derece = π radyan iken, $\sin \theta = 0$ olduğundan: $Q = 0$ olur.

Manivelâ ikinci yarım devrini yaptığı zaman, θ açısı 180 ilâ 360 derece arasında değişir; bu radyan cinsinden π ile 2π radyan eder. Ancak bu esnada piston emme kursunu yaptığından su basılamayacağı için: $Q = 0$ olur.

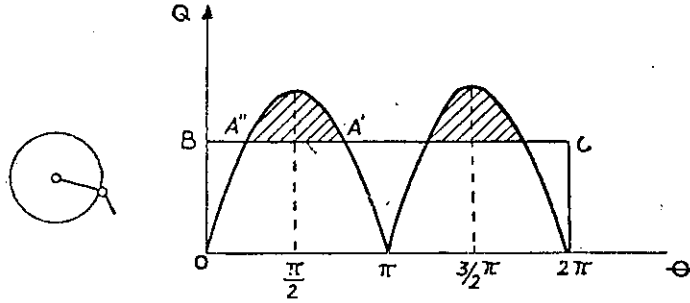
Manivelânın bir devri için ortalama debi şöyle hesaplanır. Bu esnada basılan su hacmi $2 \cdot r \cdot S$ dir. Bir devirde manivelânın aldığı açısal mesafe 360 derece yahut 2π radyandır. w açısal hızı bilindiğine göre, bir devir için geçen zaman $\frac{2\pi}{w}$ olur. $2 \cdot r \cdot S$ hacmindeki suyun bu zamana bölünmesiyle de ortalama debi elde edilir:

$$Q_o = \frac{2 \cdot r \cdot S}{\frac{2\pi}{w}} = \frac{r \cdot S \cdot w}{\pi}$$

Ortalama debiyi gösteren eğri (Şekil: 48) de BC doğrusu ile gösterilmiştir.

Çift etkili tu'lumba :

Bilindiği gibi bu çeşit tulumbaların her kursunda su basılır. Bunda debi değişimi (Şekil: 49) da gösterildiği gibi iki sinüs eğrisiyle gösterilir. Çünkü pistonun bir yüzü basma kursunu tamamlayıp emmeye başlarken diğer yüzü de emmeyi tamamlayıp basmaya başlayacağından $\theta = \pi$ den 2π ye çıktığı zaman ikinci sinüs eğrisi çizilir. Böylece manivelânın bir devrinde âni debi iki defa en büyük değerden geçer.



(Şekil: 49) çift etkili tulumbada debi değişimi

Ortalama debi basit etkili tulumbada muhakeme edildiği gibi hesaplanır. Bir devirde basılan su hacmi $4 r S$ dir.

$$Q_0 = \frac{4 r S}{2 \pi} = \frac{2 r S w}{\pi} \text{ olur.}$$

Ortalama debiyi gösteren eğri (Şekil: 49) da BC doğrusuyla gösterilmiştir.

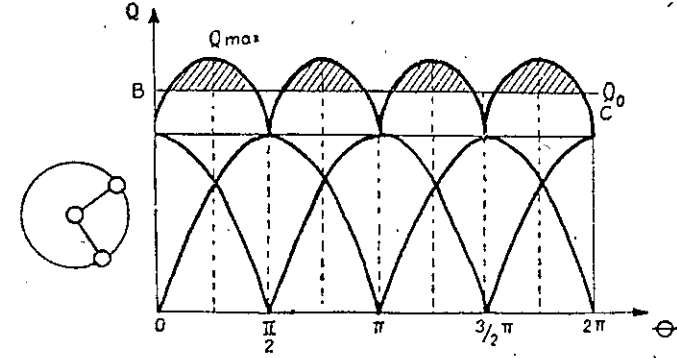
Çift etkili bir tulumbada debi, tek etkilidekinden daha düzgündür. Çünkü, ölü noktalarda debi, sıfır olmakla beraber, basit etkilide olduğu gibi suyun basılmadığı herhangi bir fasıla bulunmaz.

Aynı devitgen mile manivelâları 90 derece inhıraflı bağlanmış çift etkili iki tulumba :

Manivelâları aynı devitgen mile 90 derece inhıraflı bağlanmış çift etkili iki tulumba, aynı basma borusuna su gönderirse, debi değişimi daha düzgün

olur. Bunu grafikte göstermek için, evvelâ manivelâsı basma başlanc konumunda olan birinci tulumbanın debi değişimi eğrisi, yukarda gösterildiği gibi, çizilir. Bundan sonra ikinci tulumba manivelâsının 90 derece ilerde olduğu göz önünde tutularak buna ait sinüs eğrisi çizilir (Şekil: 50).

Müşterek basma borusundaki debi değişimi eğrisini bulmak için, her iki tulumbaya ait debi eğrilerinin ordinatları toplanır. Şekil incelenirse, bu



(Şekil: 50) Aynı devitgen mile manivelâları 90 derece inhıraflı bağlanmış çift etkili iki tulumbanın debi değişimi.

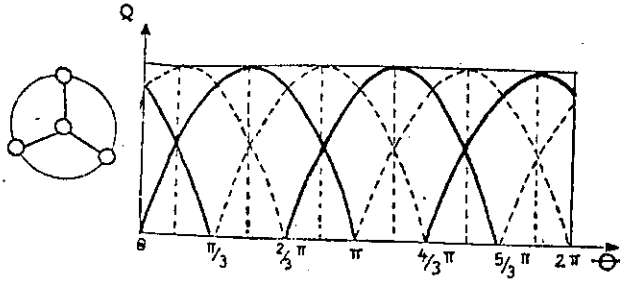
değişimde en küçük debi bir tulumbanın en büyük debisine, en büyük debi ise: 45-135-225-315 derecelerde aynı debi değerlerini alan her iki tulumba debilerinin toplamı kadardır.

$$\text{Bu iki tulumbanın ortalama debisi } Q_0 = \frac{8 r S}{2 \pi} = \frac{4 S w}{\pi}$$

olur. Bc ortaya debiyi gösterir.

Aynı devitgen mile, 120 şer derece inhıraflı bağlanmış basit etkili üç tulumba :

Bu takdirde debi değişimi (Şekil: 51) de gösterildiği gibi, 3 sinüs eğrisinden ibaret olur. Bunların çizimi, basit etkili tulumbadaki gibi olup, inhırafları göz önünde tutularak yapılır. Ancak müşterek basma borusundaki debi değişimini bulmak için, aynı manivelâ konumlarına tekabül eden θ açılarına ait âni debileri gösteren ordinatları toplamak icap eder.



(Şekil: 51) Aynı devirgen mile, manivelâları 120 şer derece inhıraflı bağlanmış 3 basit etkili tulumbanın debi değişimi.

Bu üç tulumbanın ortalama debisi; bir basit etkili tulumba ortalama debisinin 3 katı kadardır.

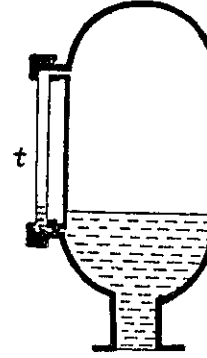
$$Q_0 = \frac{3 r S \omega}{\pi} \text{ olur.}$$

Hava hazneleri:

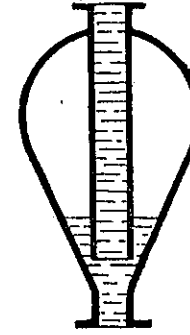
Alternatif hareketli pistonlu tulumalarda debinin değişik ve kesikli olması yüzünden, sevk borularında koç darbesi denen vurunlar meydana gelir. Boru, ne kadar uzun olursa bu olay da o derece şiddetli ve zararlı olabilir. Bu sebeple tulumaların basma boruları üzerine, mümkün olduğu kadar tulumaya yakın olmak şartıyla hava haznesi koyarak bu olayın zararları önlenmeye çalışılır. Bu hazneler bazan emme borusu üzerine de konur.

Basit etkili bir tulumada basma borusu üzerine konulacak hava haznesinin hacmi, silindir hacminin 25 katı, çift etkili tulumada 10 katı, manivelâları 90 derece inhıraflı bağlanmış çift etkili iki tulumada 5 katı, manivelâları 120 şer derece inhıraflı bağlanmış 3 tane basit veya çift etkili tulumada ise 2 katı kadar alınır. Emme borusu üzerine konulacak hava haznelerinin hacmi yukardaki değerlerin yarısı kadar olabilir. Bu hava haznelerinin hacmini yukarda verilen değerlerden daha büyük almakta herhangi bir mahzur yoktur. Bu hazneler ne kadar büyük olursa, borunun debisi de o kadar düzgün olur. Bazan çok uzun boruların muhtelif noktalarına koç darbesi tesirlerini önleyecek bu hazne veya aygıtlardan konur (dörseklere, çok eğik kısımların en alt noktalarına). Tulumba debisi, ortalama debiden fazla iken, su, hava haznesine girerek üzerindeki havayı sıkıştırır (Şekil: 52 a). Tulumba debisi ortalama debiden az olduğu zaman sıkışmış hava, haznedeki suyu iterek, sevk borusundaki debinin inmesine engel olur. Haznedeki su seviyesi iki sınır arasında değiştiğinden cihaz, düzengeç rolü oynar. Hava haznelerine bir t cam göstergesi koymak

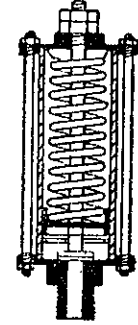
doğru olur. Çünkü haznedeki hava suya eriyerek azalabilir. Bunu telâfi için emme borusuna 1-2 mm. çapında küçük bir supap konarak, pistonun her emişinde bir miktar hava otomatik şekilde alınmış olur.



(Şekil: 52 a) Basma borusuna paralel bağlanmış hava haznesi.



(Şekil: 52 b) Basma borusuna seri bağlanmış hava haznesi.



(Şekil: 53) Pistonlu amortisör.

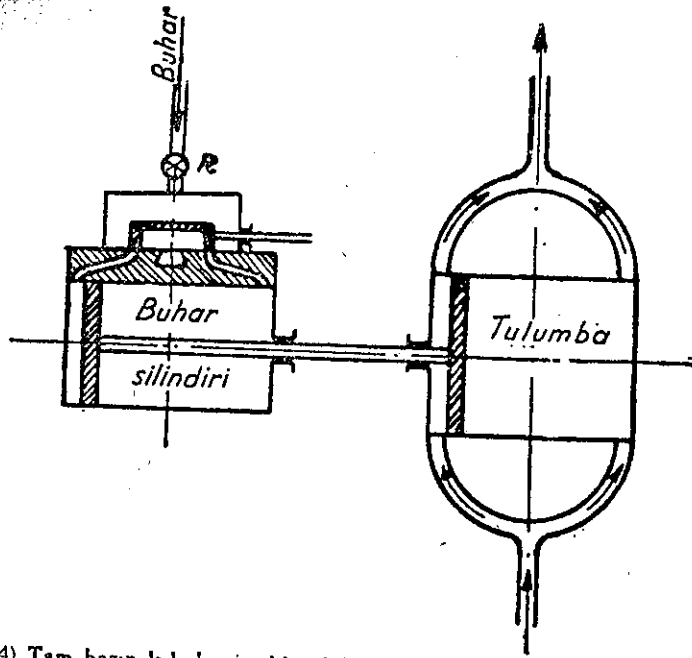
(Şekil: 52 a) daki hazne basma borusuna paralel bağlanmıştır. (Şekil: 52 b) daki ise basma borusuna seri halde yani ara yere konarak bağlanmıştır.

Bazı imalatçılar hava haznesi yerine (Şekil: 53) te görülen cihazı yapmışlardır. Silindir içersine bir piston yerleştirilmiş olup bu da bir yayla bastırılmaktadır. Bir koç darbesi olduğu zaman su, pistonla kelepçeye supapı iterek yayı sıkıştırır. Bunun hava haznelerine nazaran üstün tarafı, hava ile ilgisi bulunmayışındır.

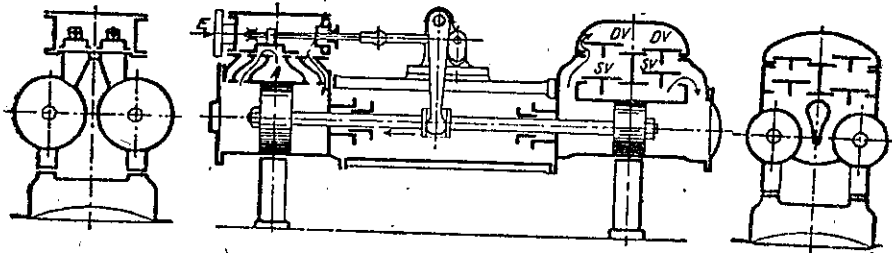
Buhar Makinesiyle Çalıştırılan Tulumalar:

Bunlarda tulumba pistonuyla buhar makinesi pistonu aynı kola bağlanır (Şekil: 54). Bu takdirde her iki pistonun kursu aynı olur. Buhar makinesi ve tulumba çift etkilidir. Ekseriya buhar makinesi tam basınçlı yahut küçük genişmeli yapılır. Bu sebeple sarfiyatı fazlaca olur. Buna rağmen az yer tutmasından dolayı tercih edilmektedir. Çünkü tam basınçlı makinede volanı kaldırmak mümkündür.

Buharlı tulumalar tek veya çift olabilir. Simpleks adı verilen tekli tulumba (Şekil: 54) te gösterilmiş olmaktadır; Dupleks adı verilen çiftliklerde ise birbirine benzer paralel iki grup vardır. Bu tulumalar aynı emme borusundan emdikleri suyu aynı basma borusuna basarlar (Şekil: 55). Tulumalardan birinin pistonu kurs sonunda iken diğeri ortadadır. Bu, aynı motor miline 90 derece inhıraflı bağlanmış çift etkili 2 tulumanın vaziyetinde olduğundan debisi hayli düzgündür.



(Şekil: 54) Tam basınçlı buhar makinesiyle birleştirilmiş çift etkili bir tulumba.



(Şekil: 55) Çiftli bir tulumbanın basitleştirilmiş şeması.

Pistonlu tulumbaların hızı:

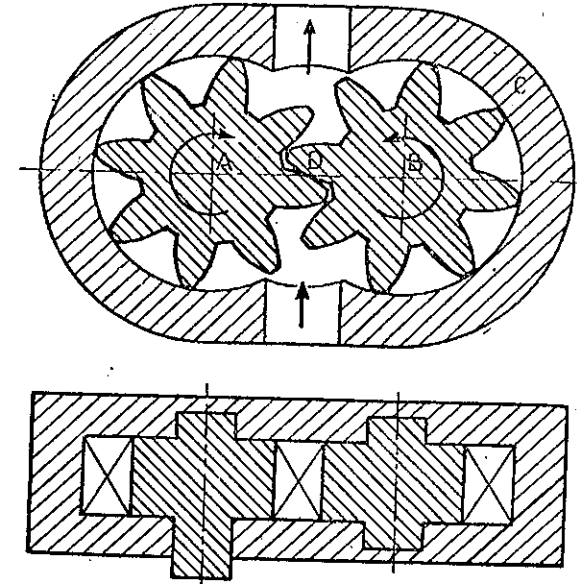
Pistonun hızı artırıldığı takdirde aynı debi için, silindir boyutları küçültülebilir. Bu elverişliliğine rağmen küçük hızları tercih etmel. daha doğru olur. Çünkü küçük hızlar büyüklere nazaran sürtünen yüzeylerde daha az bir aşınma meydana getirir. Bu suretle işleme emniyeti artur ve bakım masrafları azalır. Dakikada 25 çift kurs emniyetli sayılabilir.

Dişli çarklı tulumbalar:

Prensip: Burada dişli deyimi bildiğimizden farklı ve geniş bir anlam taşır. Bunlara çift rotorlu tulumba demek de doğru sayılabilir. Dişli çark tulumbasının işleyişi, iki müteakip diş arasındaki boşluğa sıvıyı hapsederek emmeden basmaya doğru taşımaktan ibarettir.

Dış dişli çark tulumbaları:

Bir C gövdesi içersine konan iki dişli çark, emme ve basma menfezleri hariç, çevrelerinden olduğu kadar yunlarından da tath bir sürtünme ile bu gövdeye temas eder (Şekil: 56).

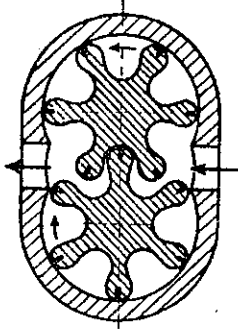


(Şekil: 56) Dişli çark tulumbasının şeması.

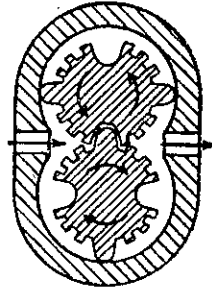
A devitgen çarkı, B devingen çarkını ok yönünde döndürür. Böylece dişlerle gövde arasına alınan sıvı, emme menfezinden basma menfezine sürüklenir. Diş profilleri D de devamlı temas sağlayacak şekilde yapılmıştır. Bu sayede sızdırmazlık elde edilerek emme ile basma arasında bu yoldan bir irtibatın önüne geçilir. Bu tip tulumbalardan uzun müddet otomobil motorlarının yağ dolanımını sağlamak için faydalanılmıştır. Çok emin çalışan bu tulumbalarda dişler arasındaki boşluğun küçük olması her dönüşte taşınan yağ miktarını azaltır. Büyük hız otomobil motorları için bu mahzur o kadar önemli sayılmaz. (Şekil: 57) de görüldüğü gibi dişler derinleştirir.

lererek tulumbanın debisi artırılabilir. Diş uçlarına takılan deri parçasıyla sızdırmazlık meselesi de çözülmüştür.

Bazı imalatçılar; çarkların herbirine, diğerlerine nazaran daha uzun, iki veya üç diş koyarak her devirdeki debiyi huyli artırmışlardır. Bunda küçük dişlerin vazifesi devitgen rotorun hareketini iletmekten ibarettir (Şekil: 58).



(Şekil: 57) Dişleri derinleştirilmiş Broquet tulumbası.

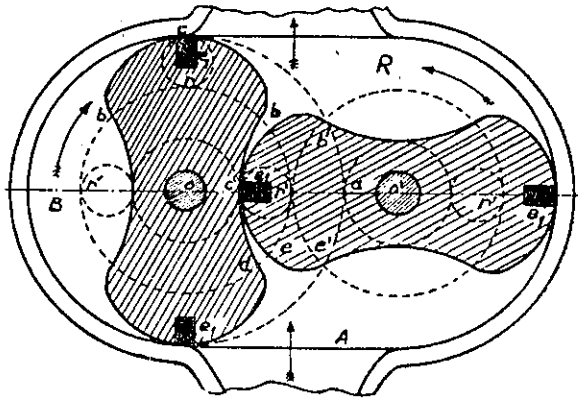


(Şekil: 58) Sıvı nakli için ikişer uzun dişle temin edilen Rumsey tulumbası.

Bazı imalatçılar ise biçimleri yaptıkları modellere göre değişen iki dişten ibaret rotorlarla yetinerek hareket iletimini tulumba dışına aldıkları çarklarla temin ederler.

ROOT tulumbası:

İki yarım silindir içersinde dönen iki dişten ibarettir. Gövdeyi teşkil eden bu iki yarım silindir üzerinde emme ve basma menfezleri vardır (Şekil: 59). Her dişin ek-



(Şekil: 59) Root tulumbasının şeması.

seni, içinde döndüğü yarım silindirin eksenıyla çıkışıktır. Dişlerin profilleri devamı olarak kendi aralarında ve gövdenin silindirik kısmıyla temasını sağlayacak şekilde yapılmıştır.

Temasın yalnız bir ana doğru boyunca olması sızdırmazlık bakımından zortuklar çıkardığından bu kısmı deriden şeritler konmuştur. Debinin düzgün olmayışı mahzurların naklinde kullanılır.

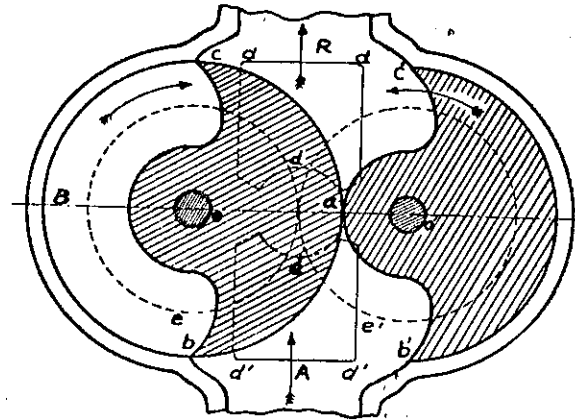
$o'a$ ve $o'e'$ yarı çaplı dairelerini alırsak, diş profillerini teşkil eden çizgiler r ve r' çemberlerinin e ve e' daire çemberleri üzerinde dıştan ve içten yuvarlanmasıyla meydana getireceği sikloit eğrileriyle temin edilir. e ve e' çemberleri aynı zamanda o ve o' millerine kumulı biri devitgen diğeri devingen iki çarkın ilkel çemberlerini teşkil eder. Daireler arasında aşağıdaki bağıntılar bulunur:

$$\begin{aligned} r \text{ ve } r' \text{ çemberlerinin çapı} &= d \\ o'a \text{ daire çemberinin çapı} &= 2d \\ o'e' \text{ daire çemberinin çapı} &= 4d \\ Tulumba gövdesinin iç çapı} &= 6d \\ o \text{ ve } o' \text{ merkezleri uzaklığı} &= 4d \end{aligned}$$

Debinin hesaplanması:

Dişleri (Şekil: 59) daki konumda farzedelim. İki diş arasında A ve R kısımlarında kalan alanlar birbirine eşittir. Tulumbanın bir devirde vereceği su miktarı R boşluğunda bulunan suyun ilki katı kadardır. Bu kısmın yüzeyi S , dişlerin o ve o' eksenlerine paralel olarak ölçülen uzunluğu L ve dakikadaki dönme sayısı n ise; tulumbanın debisi:

$$Q = \frac{2SLn}{60} = \frac{SLn}{30}$$



(Şekil 60) Behrens Tulumbasının şeması.

Behrens tulumbası:

İki yarım silindirin teşkil ettiği gövde içersinde dönen iki dişten ibarettir. Diş profilleri aynı merkezli yarım dairelerden teşkil edilmiş olup bunlar episikloit eğrilerle birleştirilmiştir. Yarım küçük daireler tabanı büyükler ise yuvarlanan çemberleri teşkil eder (Şekil: 60).

Bir devirde basılan su hacmi, cBb boşluğundaki suyun 2 katı kadardır. Bu kısmın S alanıyla L uzunluğu çarpılarak 2 katı alınırsa bir devirde basılan su miktarı bulunur. Disklerin birbirine dalgı ve geçişi sırasında ölü mesafeler bulunduğundan bir devirdeki su miktarı:

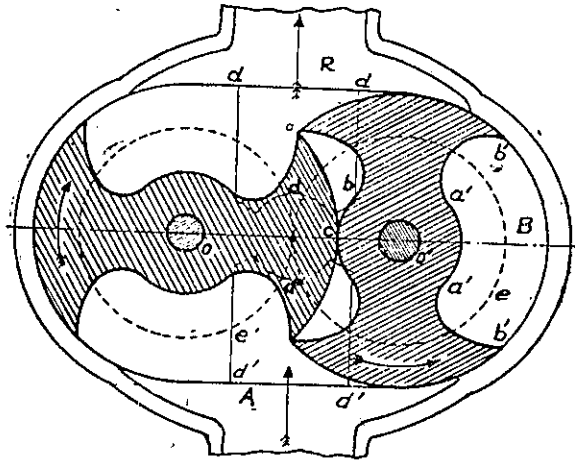
$$\frac{\pi}{4} (-oa^2 - o'a^2) \cdot L$$

Burada: L = dişin uzunluğudur.

Bu tulumbanın debisi düzgündür, fakat dişler birbirine daldığı zaman teşekkül eden ölü mesafelere suyun girip çıkabilmesi için imalatçılar tulumba gövdesini kapayan yanlara boşluklar bırakırlar. Bu tulumbanın en büyük mahzuru emme ile basmayı birleştiren a kenar yerinde vukubulacak kaçıklar teşkil eder ki bu da verimi azaltır.

Gradi tulumbası:

Bu tulumba (Şekil: 61) de görüldüğü gibi silindirik gövde içersinde dönen iki dişten ibarettir. Diş profilleri ikiye ikiye dönme eksenine simetrik 4 daire yayından ibaret olup 4 episikloit eğrisiyle birleştirilmiştir. Küçük dairelerin çemberi üzerinde



(Şekil: 61) Gradi tulumbasının şeması.

büyük dairelerin çemberi yuvarlanarak episikloit eğrilerini verir. oc çemberi o'c çemberi üzerinde yuvarlanır.

Bir devirde basılan su miktarı, aşağıdaki formülle hesaplanır.

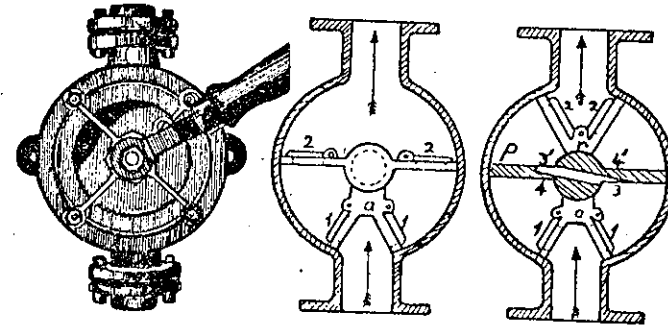
$$\frac{\pi}{4} (oc^2 - o'c'^2) \cdot L$$

Bu tulumbanın debisi de önceki gibi düzgündür. Fakat dişlerin birbirine dalgı sırasında teşekkül eden ölü mesafeden suyun girip çıkmasını temin için yanlara dalgı ve d'd'd ile gösterilen boşluklar bırakılır.

Dişler arasındaki temasların yapacağı kaçıklar bakımından Behrens tulumbasının mahzuru bunda da vardır.

Yarı döner paletli tulumbalar:

Silindirik bir gövde içersindeki bir paletle, silindir dışında bulunan bir kulla salınım hareketi verilir (Şekil: 62). Çift etkili yarı döner paletli bir tulumbanın şematik kesiti (Şekil: 63) te gösterilmiştir. Merkezi bir mil etrafında hareketli bir paletin iki tane (2,2) klâpesi vardır. Bu palet emme yatağı denen a sabit parçasıyla tam temas halinde bulunur. Emme yatağında tulumba gövdesi içersine açılan iki tane (1,1) klâpesi vardır. Su, alternatif olarak 1 ve 2 menfezlerinden emilip basılır ve akma kesiksiz olur. Bu tulumbanın paletleri tıpkı piston gibi vazife görür.



(Şekil: 62) Paletli Tulumbanın dıştan görünüşü.

(Şekil: 63) Çift tesirli paletli tulumba.

(Şekil: 64) Dört tesirli paletli bir tulumba.

(Şekil: 64) de kesiti verilmiş paletli tulumba, 4 tesirlidir. Merkezi mil etrafında hareketli olan P paletine iki kanal açılmıştır. şekilde yalnız bir tanesi gösterilmiştir. Kanallardan biri 3 odasıyla 3' odasını, diğeri ise 4 odasıyla 4' odasını devamlı surette birleştirir. a emme yuvası üzerinde tulumba gövdesi içersine açılabilen iki tane 1-1 klâpesi ve r basma yuvası üzerinde de dışa doğru açılabilen iki tane 2-2 klâpesi vardır. Her salımda palet, 3 ve 3' ile 4 ve 4' odaları hacmindaki suyu emer ve basar. Bu tulumbanın debisi, aynı şartları taşıyan çift etkili tulumba debisinin iki katıdır.

Ev ve bahçe hizmetleri için elverişli olan bu tulumlarla bulanık ve çamurlu su çekilirse çabuk aşınır. Tulumların iyi işlemesi için sızdırmazlığa tesir eden kısımların iyi alıştırmış olması başlıca şarttır. Dönen kısmın emme yuvasına, paletlerin de silindir gövdesine ve yan yüzlere imtizaçlı teması önemlidir. 3 ile 4 metreden emebilen bu tulumlarla 8 metreye kadar su basılabilir.

Debinin hesaplanması:

Aşağıdaki boyutlara göre yarı-döner paletli tulumların debisi hesaplanabilir:

D = Silindir gövdesinin iç çapı.

d = Palet göbeğinin çapı.

L = Palet genişliği.

n = Dakikadaki gidiş-geliş sayısı.

α = Kolun iki sınır konumu arasındaki açı.

i = Tesir sayısı (çift yahut dört tesirli tulum).

Bir salınım (gidiş-geliş) hareketlerinde basılan sıvı hacmi aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\frac{i \cdot \pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot \frac{L \cdot \alpha}{360}$$

Debiyi metre³/saniye olarak bulmak için aşağıdaki formül uygulanır:

$$Q = \frac{i \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot L \cdot \alpha \cdot n}{4 \cdot 360 \cdot 60}$$

Uygulama:

İç çapı 120 mm., palet genişliği $L = 60$ mm. olan çift etkili yarı döner paletli bir tulumun koluna dakikada $n = 80$ gidiş-geliş hareketi yaptırılmaktadır. Palet göbeği $d = 20$ mm. ve kolun iki sınır konumu arasındaki açı $\alpha = 60$ derece olduğuna göre debiyi hesaplayınız.

Çözümü:

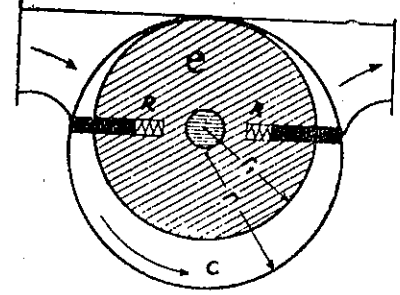
Tulum çift etkili olduğunda debi formülünde $i = 2$ alınarak diğer bilinenler de yerlerine konur.

$$Q = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot (0,12^2 - 0,02^2) \cdot 0,06 \cdot 60 \cdot 80}{4 \cdot 360 \cdot 60} = 0,003 \text{ m}^3/\text{sn.}$$

Döner paletli tulumlar:

Bunların en basit olanına ait bir örnek (Şekil: 65) te gösterilmiştir. Silindirik bir c gövdesi içersinde kaçık merkezli ve üstten teğet bir e dolu silindiri döner. Gövde üzerinde bu silindire teğet bir giriş bir de çıkış menfezi vardır. e silindiri üzerindeki yarıklara rahatça kayabilen 2 veya 4 palet konur. R yaylarının tesiriyle paletler silin-

dirin iç yüzeyine devamlı olarak temas eder. Şekildeki vaziyette emme başlamak üzere, basma ise bitmiş ve yenisi c boşluğundaki suyun sıkıştırılmasıyla başlamak üzeredir. Dakikada n devir yapan tulumun teorik debisi:



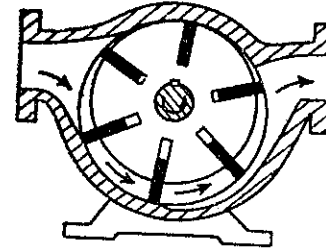
(Şekil: 65) İki paletli döner tulum

$$Q = 2 \cdot S \cdot L \cdot n \text{ m}^3/\text{dakika dir.}$$

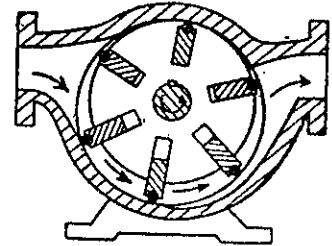
Burada: S = Ay biçimindeki c boşluğunun alanı.

L = Tulum gövdesinin uzunluğudur.

Bu tip tulumların çoğunda palet sayısı 2 den fazladır (Şekil: 66). Emme ve basma menfezleri, rotor merkez açısının $\pi \left(1 - \frac{2}{N}\right)$ kadarına tekabül eden yayörmelidir. Bilindiği gibi N = palet sayısıdır. Emme ve basma menfezleri simetrik yapılıdır. Bazı imalatçılar her paletin ucuna silindirik bir parça koyarak sürtünmeyi azaltmışlardır (Şekil: 67). Hatta silindirik parçaları büyütürerek paletleri tamamiyle kaldırmak

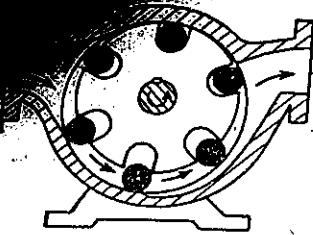


(Şekil: 66) Çok paletli döner tulum.

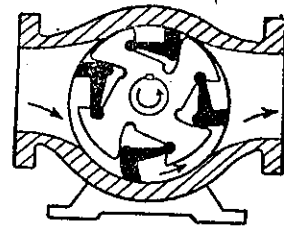


(Şekil: 67) Uçlarına makaralar kanmış paletli döner tulum.

da mümkündür. (Şekil: 68) daki tulum bu çeşittir. Bazı firmalar (Şekil: 69) da görüldüğü gibi geriye yatık paletlerden faydalanmaktadır. Bunlar ya yarıkların içersinde kayar yahut da bir ucu mafsallı, öbür ucu da merkezkaç kuvvet tesiriyle gövdenin iç yüzeyine temas edecek şekilde yapılıdır.



(Şekil: 68) Makaralı döner tulumba.



(Şekil: 69) Paletleri mafsallı döner tulumba.

Sorular:

Tulumbarı tarif ve tasnif ederek hacimsel ve türbinli tulumbalardan ne kastedildiğini açıklayınız.

2 — Basit etkili emme tulumbarının şemasını çizerek işleyişini anlatınız.

3 — Emme yüksekliğinin teorik değeri nasıl hesaplanır. Özgül ağırlıkları farklı olan sıvılarla kıyaslama yapınız. Su sıcaklığının ve kolların emme üzerindeki tesirlerini sebepleriyle belirtiniz.

4 — Emme - basma tulumbarının işleyişini şema çizerek açıklayınız.

5 — Diferansiyel tulumbarının işleyişini şema üzerinden açıklayınız.

6 — Basit ve çift etkili dalma pistonlu tulumbarların işleyişini kitaptaki şemalar üzerinden açıklayınız.

7 — Pistonlu tulumbarlarda hacimsel ve dinamik randımanları açıklayarak güçlerin hesaplanması hakkında bilgi veriniz.

8 — Pistonlu tulumbarlarda debi niçin değişkendir. Ani debilerin hesaplanmasını sağlayan formülleri inceleyiniz.

9 — Basit etkili ve dalma pistonlu bir tulumbarında debi değişimini grafikte gösteriniz. Ortalama debiyi hesaplayınız.

10 — Aynı özellikte basit etkili iki tulumbarın hareket ileten manivelaları aynı devitgen mîle 180 derece inhirafli bağlandığına göre: müşterek basma borusundaki debi değişimini ve ortalama debiyi grafikte gösteriniz.

11 — Aynı özellikte çift etkili iki tulumbarın hareket ileten manivelaları aynı devitgen mîle 120 şer derece inhirafli bağlandığına göre: müşterek basma borusundaki debi değişimini ve ortalama debiyi grafikte gösteriniz.

12 — Aynı özellikte 3 basit etkili tulumbarın hareket ileten manivelaları aynı devitgen mîle 120 şer derece inhirafli bağlandığına göre: müşterek basma borusundaki debi değişimini ve ortalama debiyi ölçekli olarak grafikte gösteriniz.

13 — Hava haznelerinin rolünü açıklayınız. Kitaptaki şekillere bakarak bunların tesisata ne suretle bağlanmış olduğunu açıklayınız.

14 — Pistonlu tulumbarların buhar makinesiyle birleştirilerek nasıl çalıştırıldığını şema çizerek açıklayınız.

15 — Dişli çarklı tulumbarların işleyiş prensibini ve debinin nasıl artırılabilirliğini gösteriniz.

16 — Root, Behrense, Grandl tulumbarlarının işleyişlerini ve paletlerinin çizilişini kitaptaki şekiller yardımıyla açıklayınız. Debinin hesaplanışına ait formül hakkında bilgi veriniz.

17 — Yarı-döner paletli tulumbarların çeşitlerini, işleyişini ve debinin hesaplanışını açıklayınız.

18 — Döner paletli tulumbarların işleyişini, çeşitlerini kitaptaki şekiller yardımıyla açıklayınız. Debi hesabı hakkında bilgi veriniz.

Alıştırılmalar:

1 — Bir tulumbarın emme borusunda, yoğunluğu 1,54 olan % 50 oranlı sülkostik eriyiği teorik olarak en çok ne yüksekliğe çıkabilir?

2 — Çift etkili bir tulumbarın manivelası $n=120$ devir/dakika yapmakta, piston kursu $L=0,6$ m, piston çapı $d=0,3$ m olduğu bilinmektedir. Gerçek debi 160 litre/saniye olduğuna göre hacimsel randımanı hesaplayınız. Cevap: % 94.

3 — Teorik debisi 50 litre/sn olan pistonlu bir tulumbarın hacimsel randımanı % 90 olduğuna göre, gerçek debiyi bulunuz. Cevap: 45 litre/sn.

4 — Çift etkili pistonlu bir tulumbarın boyutları aşağıda gösterilmiştir:

Silindir gövdenin uzunluğu = 0,8 metre.

Silindirik gövdenin çapı = 0,4 metre.

Pistonun uzunluğu = 0,1 metre.

Pistonun çapı = 0,4 metre.

Pistonun ortalama hızı 1,4 metre/saniye olduğuna göre teorik debiyi hesaplayınız. Hacimsel randıman % 90 ise, bu tulumba ile çapı 2 metre, yüksekliği 3 metre olan bir su deposu ne kadar zamanda doldurulabilir. Cevap: 0,175 m³/sn, 53,8 saniye.

5 — Çift etkili ve dalma pistonlu yatay bir tulumbarında piston çapı $d = 75$ mm dir. Emilen suyun üst seviyesiyle yatay eksen arasındaki uzaklık $h_c = 3,75$ metre, suyun sıcaklığı $t = 15^\circ$ derecedir. Emme borusu, dirsekler ve süzgeçli klapienin yükseklik kaybı 1,25 m dir. Basma yüksekliği $h_b = 45$ metre olup bu borunun, üzerindeki dirsekler, vana v.s. nin yük kaybı 5 metredir. Piston biyel-manivelâ sistemiyle doğrusal gidiş-geliş hareketi yapmaktadır. Manivelâ mîli $n = 120$ devir/dakika yapmakta olup hareketini bir kayış vasıtasıyla 1000 devir/dakika ile dönen bir elektrik motorundan almaktadır. Elektrik motorunun kasnak çapı 90 mm dir.

Sorulanlar: a — Teorik emme yüksekliği ne kadardır? (Deniz seviyesinde)

b — Tulumbarın teorik debisi ne kadardır?

c — Hacimsel randıman % 95 olduğuna göre gerçek debi nedir?

d — Tulumbarın Gf faydalı gücü kaç B.B. dir?

e — Dinamik randıman % 70 olduğuna göre, elektrik motorunun gücü kaç kw dir?

f — Elektrik motorunun etiketi üzerinde % 95 randıman kaydı bulunduğu takdirde, şebekeden çekilecek güç kaç kw olur?

g — Kayışa gelen en büyük çekme kuvveti tegetsel

kuvvetin 3 katı olduğu takdirde: $\sigma_s = 0,3$ kg/mm² olduğuna göre, kayışın kesit ölçüleri ne olmalıdır?

Cevap: 10,157 m. 1,78 lt/sn. 1,35 B.B. 1,46 kw. 1,53 kw. $e=5$ mm. ise $l=46$ mm.

6 — Bir su tulumbasının gerçek debisi $Q=50$ m³/saat olup 4 metreden emdiği 30 derece sıcaklıktaki suyu içersindeki havayı 4 kg/cm² basınca kadar sıkıştırdığı bir hazneye basmaktadır. İç çapı 100 mm olan 10 m boyundaki emme borusunun üzerinde 90 derecelik iki dirsek, bir vana ve bir süzgeç vardır. Basma borusunun iç çapı 80 mm, uzunluğu 3 metre olup bir geçiş vanası, bir keskin dirsek vardır. Basma yüksekliği $h_b = 0$ dir.

Sorulanlar :

a — Emme için manometrik yükseklik nedir?

b — Basma için manometrik yükseklik nedir?

c — Tulumbanın Gf faydalı gücü kaç B.B dir?

d — Dinamik randıman % 60 olduğuna göre, motor milinden çekilen G gücü kaç B.B dir?

Tulumba 800 metre rakımlı bir bölgede kullanılmaktadır.

Yol gösterme :

Flamant abakından faydalanarak 1 metre boru uzunluğu için j yük kaybını bulunuz. Emme borusunun uzunluğuna, dirsek, vana ve süzgecin her birini 5 metrelik doğrusal bir boruya denk sayarak bulacağınız uzunluğu ilâve ediniz. Böylece emme borusundaki mecmu yük kaybını emme yüksekliğine ilâve ediniz.

800 metrelik kot ve 30 derece sıcaklık dolayısıyla kaybedilecek emme yüksekliğini cetveldan bulunuz. Teorik emme yüksekliğini bulduktan sonra, hesapladığınız emme yüksekliğiyle bir kıyaslama yaparak hüküm veriniz.

Basma manometrik yüksekliğini hesaplamak için hidrofor adı verilen haznedeki suyun üstüne gelen 4 kg/cm² lik basıncın su yüksekliği cinsinden değerini bulduktan sonra, emme borusunda yapıldığı gibi mecmu yük kaybını buna ilâve ediniz. Gf ve G yi bulmak için yapılacak işlemleri açıklamaya lüzum görmüyoruz. Cevap: 5,2 m. 41,3 m. 8,15 B.B ve 15,2 B.B.

7 — Basit etkili ve dalma pistonlu bir tulumbanın piston çapı 150 mm, kursu ise 140 mm dir. Manivela mill 100 devir/dk yaptığına göre:

a — Bir devirde debi değişimini gösteriniz.

b — Ortalama debiyi hesaplayarak aynı diyagram üzerinde değişimini belirtiniz.

8 — Yukardaki tulumba çift etkili olsaydı aynı soruların karşılıkları nasıl tâyin edilirdi?

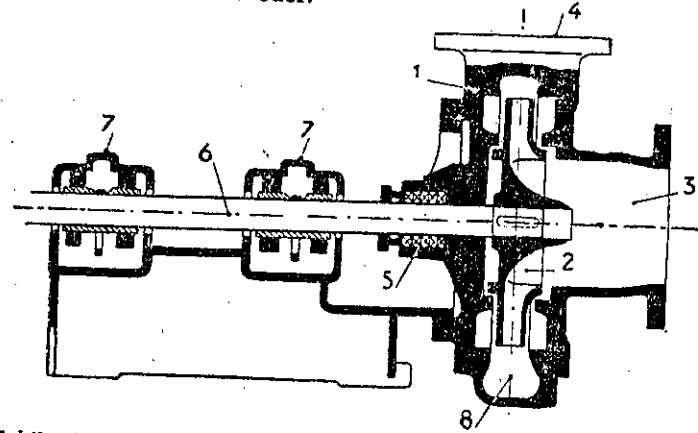
9 — Yukardaki çift etkili tulumbadan iki tanesi aynı motor miline, manivelâlara 90 derece inhirafli olarak bağlansaydı debi değişimi, en büyük ve ortalama debiler nasıl gösterilir ve bulunurdu.

TÜRBİNLİ TULUMBALAR

Tanıtma:

Bunlarda iki esaslı organ vardır. Biri rotor adı verilen hareketli teşhi-zat, diğeri ise bunu örten sabit kısım yahut tulumba gövdesinden ibarettir.

Rotor, motordan doğrudan doğruya veya bir kayışla hareket alan bir mile kamalanmış çarktan ibarettir. Bu çark üzerindeki kantarlar vasıtasıyla sı-vıya dönme hareketi intikal eder.



(Şekil: 70) Bir türbinli tulumbanın şeması. 1 — Tulumba gövdesi, 2 — Üzerinde kanadlar bulunan çark, 3 — Emme menfezi, 4 — Basma menfezi, 5 — Salmastra, 6 — Mil, 7 — Yataklar, 8 — Difüzör.

(Şekil: 70) de türbinli bir tulumbanın şeması üzerinde belli başlı or-ganlar gösterilmiştir. Burada rotor sıvıya hız enerjisi kazandırır. Sabit kısım veya tulumba gövdesi üzerinde emme ve basma menfezleri vardır. Emme borusu emme menfezine, basma borusu da basma menfezine bağlanır. Bu gövde içersinde rotorun sıvıya kazandırdığı kinetik enerji, basınç enerjisine çevrilir. Bu sebeple tulumba gövdesine difüzör adı verilmiştir. Türbinli tu-lumbaların değişik tipleri vardır. Bunlara göre rotor ve difüzörler farklı biçimlerde yapılır.

Türbinli tulumbaların tasnifi:

Bunları aşağıda gösterildiği gibi 3 bölüme ayırmak mümkündür.

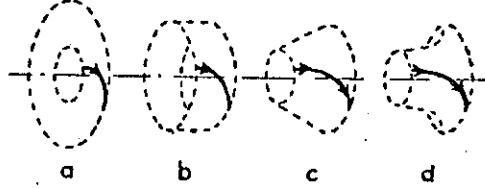
Santrifü tulumbalar:

Bu tip tulumbalarda rotorun merkezinden emilen sıvı, merkez kaç kuv-vet tesiriyle çevreden fırlatılır. (Şekil: 70) de bir santrifüj tulumbanın şeması gösterilmiştir.

Bir sıvı parçacığı tek başına alınırsa (Şekil 71 a) da gösterildiği gibi dönme eksenine dikey bir düzlem içerisinde bir yörünge takip eder.

Helisel tulumbalar:

Hareketli teçhizatın dönmesiyle sıvı aksenal olarak fırlatılır. Bir sıvı parçacığının yörüngesi tamamiyle silindirik yüzeyin içerisinde kalır (Şekil: 71-b)



(Şekil: 71) Türbinli tulumba'da çeşitli sıvı yörüngeleri a - Santrifüj tulumba b - Helisel tulumba, c ve d - Heliko-santrifüj tulumba.

Heliko-santrifüj tulumbalar:

İlk iki tulumba çeşidi arasında bir tiptir. Aksenal ve merkezkaç akımların bileşkesinden ibaret olduğu için, bir sıvı parçacığının yörüngesi bir koni yüzeyine çizilen bir çizgidir (Şekil: 71 c ve d).

Santrifüj tulumbaların rotorları:

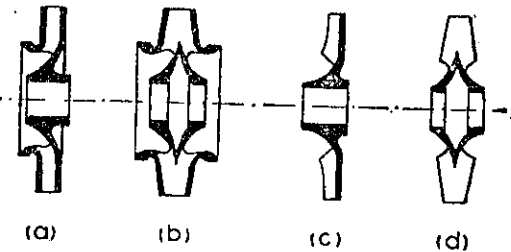
Bu tip tulumbaların rotorları aşağıdaki gibi sınıfla dırılabilir:

- 1 - Tek girişli rotorlar.
- 2 - Çift girişli rotorlar.

Bunlar da ayrıca kapalı ve açık olmak üzere iki kısma ayrılabilir.

(Şekil: 72 - a) da tek girişli kapalı bir rotor gösterilmiştir. Yanlardaki çeperler kanadları tutmakta ve sıvıya kayıtlık etmektedir.

(Şekil: 72 - b) de çift girişli kapalı bir rotoru göstermektedir. Diğer şartlar aynı kaldığı takdirde bu rotor öncekine nazaran iki misli debi sağlar.



(Şekil: 72) Çeşitli tiplerde santrifüj tulumba rotorları,



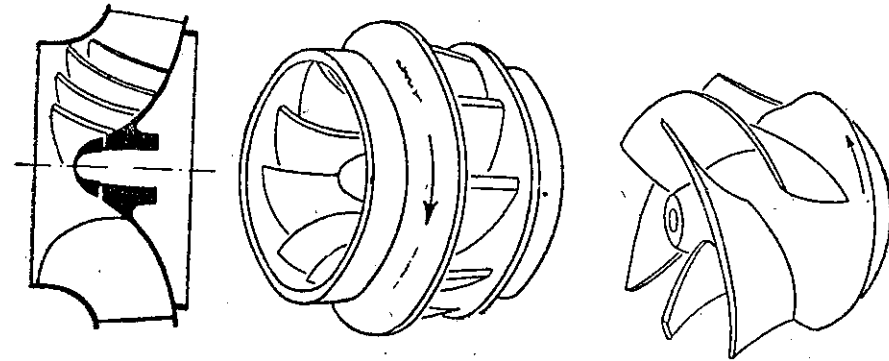
(Şekil: 73) Santrifüj çarkta kaynaşma.

(Şekil: 72 - c) de tek girişli açık bir rotor gösterilmiştir. Kanadların açık kısmıyla gövde arasında gayet az bir boşluk vardır. (Şekil: 72 - d) deki rotor ise çift girişli açık bir rotordur.

Kapalı rotorlar tabii sıvılar için tercih edilir; açık olanlar ise yabancı cisimlerle yüklü sıvılar için tercih edilir. Berrak sular için, çelik veya bronzdan dökülmüş tek parçalı rotorlar kullanılır.

Heliko-santrifüj tulumbaların rotorları:

Bir santrifüj tulumbanın debisi belirli bir sınırı aşınca çark genişliği çapına nazaran çok büyür. Bu sebeple de kaynaşmalar olarak randıman çok düşer (Şekil: 73). Santrifüj rotorlarının girişinde, emme yüksekliğinin fazlalığı nispetinde, sıvı vuruşu yapar. Halbuki heliko-santrifüj rotorda emme menfezinin geçen sıvı, helisel kanadlara girdikten sonra merkeğeç hale gelen kanadların tesiriyle dönme eksenine, dikey olarak çıkar.



(Şekil: 74) Heliko-santrifüj kapalı rotor.

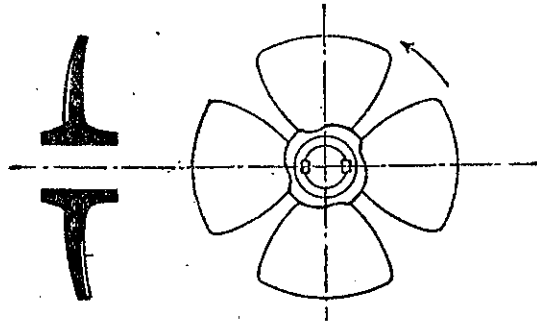
(Şekil: 75) Heliko-santrifüj açık rotor.

Bu nevi bir rotor (Şekil: 74) te gösterilmiş olup kapalı tiptendir; (Şekil: 75) teki ise açık tipten olmaktadır.

Helisel tulumbaların rotorları:

Helisel veya uskur tulumbaların rotoru silindirik bir gövdeye tesbit edilmiş kanadlardan ibarettir. Daima açık cinsten olan rotorun kanad nihayetleriyle silindirik gövde arasında az bir boşluk bırakılır. Eksen doğrultusunda giren sıvı, rotora temasından sonra kanadlardan geçerken eksene olan uzaklıkları değişmez. (Şekil: 76) da uskurlu veya helisel bir tulumbanın rotoru gösterilmiştir.

Helisel tulumbaların boyutları artınca civatalarda bağlanan takma kanadlar kullanılır (Şekil: 77). Bu kanadların giriş açıları montaj esnasında bir dereceye kadar ayarlanabilir. Değişik debi ve basınç şartları içerisinde çalıştırılan helisel tulumbalarda gerekli ayarı yapabilecek tertibata lüzum görülür. (Şekil: 78) de düşey eksanlı ve değişken adımli rotoru bulunan uskurlu bir tulumba gösterilmiştir.

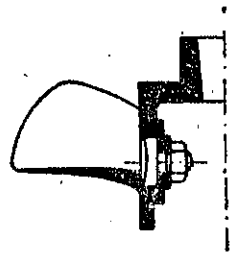


(Şekil: 76) Uskurlu veya helisel tulumbanın rotoru.

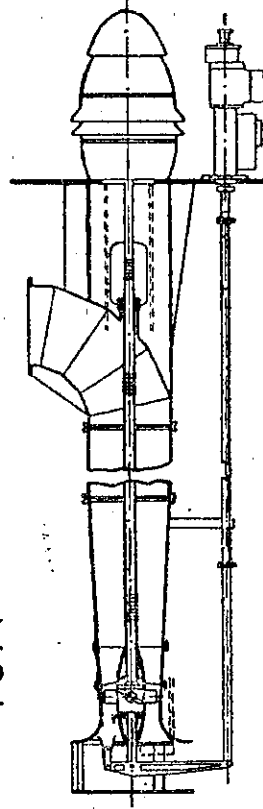
Santrifüj tulumbaların difüzörleri:

Tulumbanın manometrik yüksekliğini artırmak için rotorun sıvıya verdiği kinetik enerjiyi basınç enerjisine çevirmek gerekir. Rotor çıkışıyla basma borusu arasında bulunan difüzör, sıvıdaki hızı azaltmak suretiyle bu rolü yapar. Santrifüj tulumbaların difüzörleri çeşitli tiplerde olur. Bunlardan bir kaçını tanıtmakla yetineceğiz [*].

Bu kesitler genel olarak dairesel yapılır. Bununla beraber bazı fabrikalar, kare ve dikdörtken kesitleri de kullanmaktadır. (Şekil: 79) da cari olarak kullanılan kesitler gösterilmiştir.

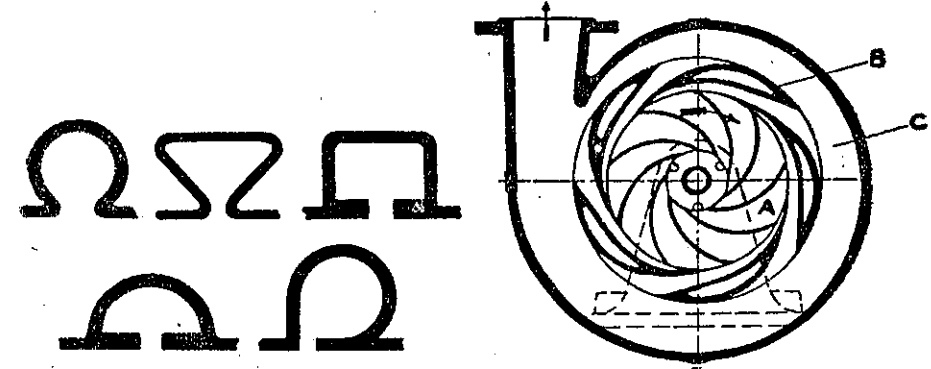
(Şekil: 77) Helisel tulum-
ba rotoruna kanadların ci-
vatarla tesbit edilmesi.

(Şekil: 78) Adımı değişken heli-
sel tulumba. Manometrik yükse-
lik $H=7,5$ metre, debi $= 500$
 $m^3/saat.$ dönme hızı $n'=800$ de-
vir/dk. Rotor çapı $= 61$ cm.



[*] Daha etraflı bilgi için Meslekî ve Teknik Öğretim Dergisinin 64 üncü sayısına bakınız.

Rotor çevresinden fışkıran sıvı lifleri birbirine çarparak enerji kaybına sebep olur. Bu mahzuru önlemek için bazı difüzörler üzerine doğrultmaç kanadları konur (Şekil: 80). Böylece rotordan fışkıran sıvılar, bu kanadların meydana getirdiği kanallara girerek birbirine çarpmazlar.



(Şekil: 79) Çeşitli difüzör kesitleri.

(Şekil: 80) Rotordan fışkıran sıvılar difü-
zörün doğrultmaç kanadlarıyla birbirine çarp-
madan basma borusuna varır.

A) Rotor B) Doğrultmaç kanadları C) Difüzör

Heliko-santrifüj tulumbaların difüzörleri:

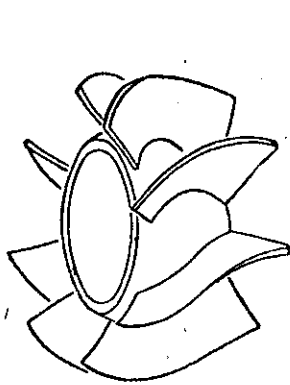
Tulumbanın rotoru kapalı cinsten ise, sıvı lifleri rotoru dönme eksenine dikey bir düzlem içersinde terk eder (Şekil: 81). Böyle bir tulumbanın difüzörü santrifüj tulumbanınkinden pek az farklıdır yani bunlar da salyangoz biçiminde bir zarftan ibarettir. Biricik fark debinin fazlalığından dolayı boyutların büyümüş olmasından ibarettir.

(Şekil: 81) Kapalı rotorlu heliko-santri-
füj tulumbanın difüzörü.(Şekil: 82) Açık rotorlu heliko-santrifüj
tulumbanın eksenel itmeyi önleyebilen
difüzörü.

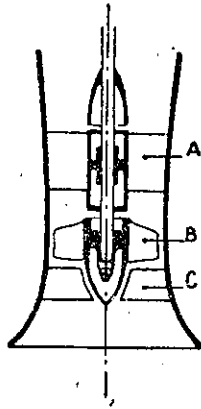
(Şekil: 82) de açık rotorlu heliko - santrifüj bir tulumbanın difüzörü gösterilmiştir. Rotor çıkışında eksenel bir bileşen kuvvet meydana geldiğinden dolayı salyangoz biçimli zarf kesitine bunu önleyecek biçim verilir.

Helisel tulumbaların difüzörleri:

Helisel tulumbada akma doğrultusu eksenel olmalıdır.. Bunun için de eksenel difüzörlerden faydalanılması icabeder. Uskurdan itibaren yukarı doğru belirli bir hızla yükselen sıvı konik bir göbek üzerinde kanadlarla meydana getirilen kanalların boşluklarından geçerken kinetik, enerji, potansiyel enerjiye çevrilir. (Şekil: 83) te görülen bu organa eksenel difüzör adı verilir. (Şekil: 84) teki helisel tulumbada A ile gösterilen kısım eksenel difüzördür. Bazı firmalar sıvı eksen doğrultusunda uskura sokabilmek için rotorun girişine C yöneltici kanadlarını koyarlar.



(Şekil: 83) Eksenel difüzörün kanadları.



(Şekil: 84) Helisel tulumba: A — Eksenel difüzör, B — Rotor (uskur) C — Yöneltici kanadlar.

İşleyişin Bernouilli teoremiyle açıklanması:

Emme borusundan yükselen suyun rotora girerken hızı V_m basıncı p olsun. Emme haznesi üst seviyesiyle dönme eksenini seviyesindeki giriş arasında Bernouilli teoremini uygulayalım.

Atmosfer basıncı p_a ile, yük kayıpları da dahil emme yüksekliğini h ile göstereyim. Emme haznesi üst seviyesinde suyun hızı sıfırdır.

$$\frac{p_a}{\omega} = \frac{p}{\omega} + \frac{V_m^2}{2g} + h \quad (1)$$

Göbeğin biçiminden dolayı V_m giriş hızı radyal kabul edilebilir. Bu mutlak hız, V_b bağıl hızıyla (rotora giriş hızı), V_s sürüklenme hızının bileşkesidir (Şekil: 85).

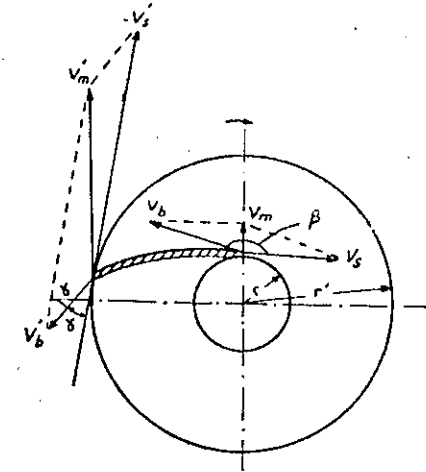
V_s sürüklenme hızı, rotor girişindeki çevre hızını gösterdiğinden aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır.

$$V_s = \omega \cdot r$$

ω = rotorun açısal hızı, r = rotorun giriş yarıçapıdır. V_m ve V_s hızlarını gösteren vektörler birbirine diktir.

$$V_b^2 = V_s^2 + V_m^2$$

Normal çalışan bir santrifüj tulumbada kanad profillerinin V_b ye teğet olması gerekir (Şekil: 85). Bu sayede su, vurutusuz olarak rotora girer. Gerçekte kanadların katınlığından dolayı vurutu tamamiyle giderilemez.



(Şekil: 85) Normal çalışan bir santrifüj tulumbada girişte kanad profili V_b ye teğettir.

Su, rotordan V'_m mutlak hızıyla çıkar. Bu da V'_s sürüklenme hızıyla V'_b bağıl hızının bileşkesinden ibarettir. V'_b bağıl hızı çıkışta da, girişte olduğu gibi kanada teğettir.

Kanadların rotor dış çemberiyle yaptığı açıya γ (gamma) dersek:

$$V'^2_m = V'^2_s + V'^2_b - 2V'_s \cdot V'_b \cdot \cos \gamma$$

Bilindiği gibi: $V'_s = \omega \cdot r'$ dir. Burada r' rotorun dış yarı çapıdır.

Şimdi Bernouilli teoremini rotor girişi ve çıkışı için uygulayalım. Burada kot unsurunu ihmal edersek nasıl çıktığını açıklamadan aşağıdaki bağıntıyı yazabiliriz:

$$\frac{V'^2_b - V'^2_s}{2g} + \frac{P - P'}{\omega} = \frac{V'^2_b - V'^2_s}{2g} + J \quad (2)$$

Burada: P' rotor çıkışındaki basınç, V'_m ise aynı yerde suyun mutlak hızıdır; J ise rotorda uğranılan yük kaybıdır.

Rotordan V'_m mutlak hızıyla çıkan su, hasma borusuna gelmeden salyangoz biçimli zarftan geçer. Bu zarfta geçiş kesiti büyüyerek gittiğinden hız enerjisi basınç enerjisine çevrilir. Böylece salyangoz biçimli zarf difüzör vazifesini görür.

Hız enerjisinin basınç enerjisine çevrilmesi ne kadar mükemmel olursa, basma yüksekliği o kadar fazla olur.

Rotor çıkışı ile (dönme eksenini seviyesi) basma borusu nihayeti arasında Bernoulli teoremini uygulayalım.

$$\frac{P'}{\omega} + \frac{V'^2_m}{2g} = \frac{P_o}{\omega} + h' \quad (3)$$

P' rotor çıkışındaki basınç, V'_m aynı yerdeki mutlak hız, h' yüksekliği ise basma yüksekliğine basma borusundaki yük kaybı ve bu borunun çıkışındaki su hızının belirttiği yükseklik ilâve edilerek elde edilmiştir.

(1) ve (3) denklemlerini taraf tarafa toplayarak H manometrik yüksekliği elde edilir.

$$\left(\frac{P'}{\omega} + \frac{V'^2_m}{2g}\right) - \left(\frac{P}{\omega} + \frac{V^2_m}{2g}\right) = h + h' = H \quad (4)$$

Bu, H mecmu manometrik yüksekliği, aynı zamanda rotorda her kilogram suya verilen enerjiyi de gösterir. Eğer hacimsel debi Q ise, faydalı güç:

$$Gf = \omega \cdot Q \cdot H \text{ olur.}$$

Tulumba, şüphe yok ki kendisini çalıştıran motordan daha büyük bir G gücü çeker. Bundan tulumbanın mekaniksel veya dinamik randımanı elde edilir.

$$\eta_d = \frac{Gf}{G} = \frac{\omega \cdot Q \cdot H}{G}$$

Şimdi çeşitli kayıpları inceleyelim:

Dış kayıplar: Bunlar mekaniksel sürtünmelerdir; yatak sürtünmeleri, suyun rotor çeperlerine sürtünmesi ve kaçaklardır.

İç kayıplar: Rotor girişindeki vurunular, suyun kanad yüzeylerine sürtünmesi, difüzörde basınç enerjisine çevirtmeyip viskozite ve kaynaşma sebebiyle kaybedilen hız enerjisidir.

(4) numaralı denklem aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\frac{P' - P}{\omega} = H + \frac{V^2_m}{2g} - \frac{V'^2_m}{2g}$$

(2) numaralı denklem de aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\frac{P' - P}{\omega} = \frac{V^2_b - V^2_s}{2g} - \frac{V'^2_b - V'^2_s}{2g} - J$$

Bu iki bağıntının birinci tarafları aynı olduğu için ikinci tarafları eşitlik teşkil etmek üzere yazılabilir.

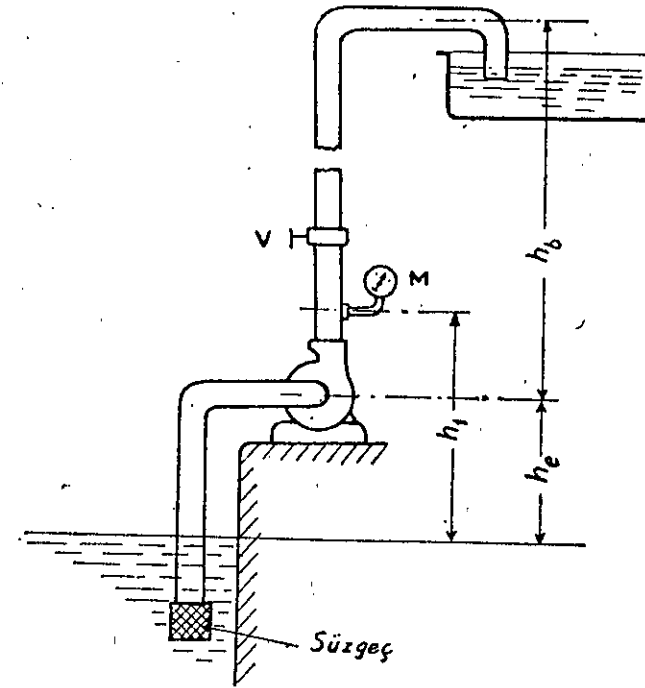
$$H + \frac{V^2_m}{2g} - \frac{V'^2_m}{2g} = \frac{V^2_b - V^2_s}{2g} - \frac{V'^2_b - V'^2_s}{2g} - J$$

$V^2_b - V^2_s = V^2_m$ olduğu göz önünde tutularak aşağıdaki formül elde edilir.

$$H = \frac{V'^2_s}{2g} + \frac{V'^2_m}{2g} - \frac{V'^2_b}{2g} - J \quad (5)$$

Eğer basma borusu üzerine konan V vanası (Şekil: 86) kapatılarak tulumba çalıştırılırsa, debi elde edilmez; fakat 5 sayılı formüle göre:

$$H = \frac{V'^2_s}{2g} \text{ olur.}$$



(Şekil: 86) Santrifüj tulumbanın deneme ile özelliklerini belirtmek.

Vananın hemen altına bir M madensel manometresini koyalım. Vana kapalı iken H manometrik yüksekliği süren ölçülebilir. Manometrede okunan P basıncının sıvı yüksekliği cinsinden değeri $\frac{P}{\omega}$ dir. Buna h_1 yüksekliği ilâve edilerek H bulunur.

Yani:

$$H = \frac{P}{\omega} + h_1$$

Bu esnada tulumbanın çektiği güç, tamamıyla dış kayıpları yenmeğe harcanır. Vana açıldığı takdirde, tulumba su vermeye başlar. Bu takdirde debi:

$$Q = m \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L \cdot V_m$$

Burada: L = Rotor girişinde kanad genişliği (dönme eksenine paralel olarak ölçülmelidir).

r = Rotorun giriş yarı çapı.

V_m = Rotora girişte suyun mutlak hızı.

m = Giriş kesiti kanad kalınlıklarının kapattığı alan kadar küçüleceği için, bunu göz önünde tutan katsayı.

Tulumba özelliklerinin tâyini:

Q debisini ölçmek:

Debiyi deneysel olarak ölçmek için vananın herhangi bir açıklığında Q yü bulmak zor değildir. Bunun için hacmi belli bir hazneye belirli bir süre içersinde ne miktar su dolduğunu tesbit etmek kâfidir.

H Manometrik yüksekliğini ölçmek:

Belirli bir vana açıklığı için bulunan Q debisi yardımıyla borudan geçen suyun V ortalama hızı hesaplanabilir.

$$Q = V \cdot S \text{ olduğundan: } V = \frac{Q}{S} \text{ çıkarılır.}$$

Bu esnada manometrenin gösterdiği P basıncı ve manometrenin emme haznesi üst seviyesinden olan h_1 uzaklığı bilindiğinden:

$$H = \frac{P}{\omega} + h_1 + \frac{V^2}{2g}$$

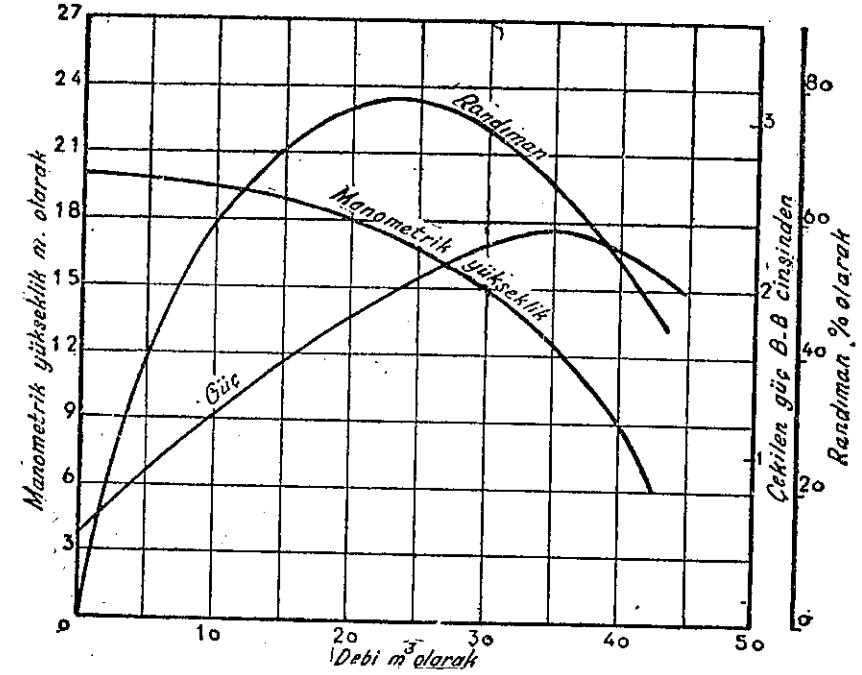
Çekilen G gücünü ölçmek:

Flektrik motorunun randımanı, üzerindeki etikette yazılıdır. Voltmetre ve ampermetre ile şebekeden çekilen güç bulunabilir. Bunun motor randımanı ile çarpımı santrifüj tulumbanın çektiği G gücünü verir.

Randımanı ölçmek:

$$\text{Bilindiği gibi randıman } \eta_d = \frac{Gf}{G} = \frac{\omega \cdot Q \cdot H}{G} \text{ dir.}$$

Vananın belirli bir açıklığı için: Q , H ve G değerleri yukarda açıklandığı gibi ölçülebilir. Bunlar yardımıyla de η_d randımanı kolayca hesaplanır.



(Şekil: 87) Tek hücreli santrifüj bir tulumbanın özelliklerini belirten eğriler.

Vananın tamamıyla kapalı bulunduğu halden en açık haline kadar ara değerlerden geçmek suretiyle apsis eksenine debileri, ordinat eksenine de sırasıyla manometrik yükseklik, çekilen güç ve randımanları taşırsak (Şekil: 87) deki eğriler elde edilir.

Dikkat:

Denemelerin sabit dönme hızı altında yapılmış olduğu unutulmamalıdır. Hız değişmesi: H , Q ve G yi affinite adı verilen kanunlara göre değiştirir. Biz sadece bu değişimin nasıl olacağını açıklamakla yetineceğiz.

Verilmiş bir rotor için:

- 1 — Debi hızla orantılı olarak değişir. (Dönme hızı).
- 2 — Manometrik basınç, hızın karesiyle orantılı olarak değişir.
- 3 — Güç ise hızın kübyle orantılı olarak değişir.

Özgül hız:

Camerer (Kamerer) tarafından su türbinlerinin incelenmesi için ele alınmış olan bu yeni özellik, türbinli tulumbalara da uygulanmaktadır. n_s özgül dönme hızının ifadesi aşağıda gösterilmiştir:

$$n_s = \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{\sqrt{H^3}}$$

n = Devir/dk olarak hız.

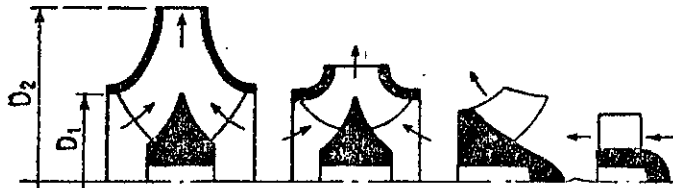
Q = m^3 /saniye olarak debi.

H = Metre olarak manometrik yükseklik.

Özgül dönme hızı n_s nin tanımı:

Belli bir rotorun benzerini teşkil edecek diğer bir rotorla 1 metre manometrik yükseklik altında 1 m^3 /saniye lik debi temini için gerekli dakikadaki dönme sayısına özgül dönme hızı denir.

Benzer tulumbaların hepsi için özgül hız sabittir. Çok hücreli tulumbalarda özgül hız bir kademenin manometrik yüksekliğinden itibaren hesaplanır. Tek emmeli bir santrifüj tulumba, çift emmeli ile kıyaslanırsa sonuncunun debisi 2 ye yahut sonuncunun özgül hızı $\sqrt{2}$ ye bölünmelidir.



Tulumba Tipi	Santrifüj, çift emmeli	Heliko-santrifüj, çift emmeli	Heliko-santrifüj	Helisel
n_s	37	67	134	291
$Q, m^3/s$	185	185	185	185
H, m	21	15	10	6
tr/mn	870	1160	1750	2600
D_2, mm	483	305	254	178
D_1/D_2	0,5	0,7	0,9	1,0

(Şekil: 88) çeşitli özgül hızlar için kullanılan rotorlar.

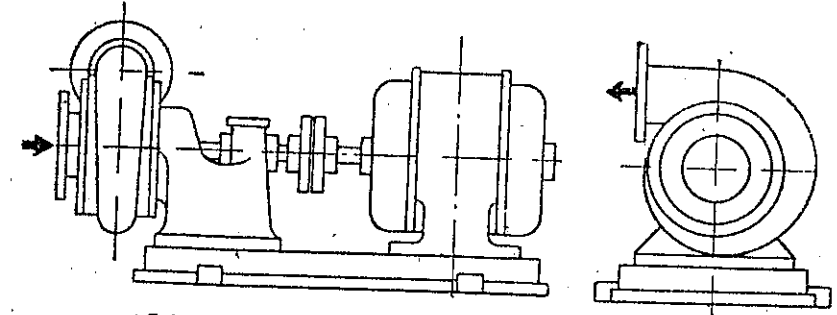
Özgül hız denklemine göre, aynı şartlar altında bulunan tulumbalardan, özgül hızı en büyük olanın hızı en büyük, fakat boyutları en küçüktür. Ayrıca, aynı hız ve aynı debi için hızı en yüksek olan tulumba en alçak basınç altında çalışır.

Nihayet aynı hız ve basınç şartları altında bulunan tulumbalardan özgül hızı en büyük olan en büyük debiyi verir.

(Şekil: 88) de, santrifüj, heliko - santrifüj ve helisel tulumbalar özgül hızlarına göre: debi, dönme hızı, manometrik H yüksekliği ve rotor giriş ve çıkış çaplarına ait değerler gösterilmiştir.

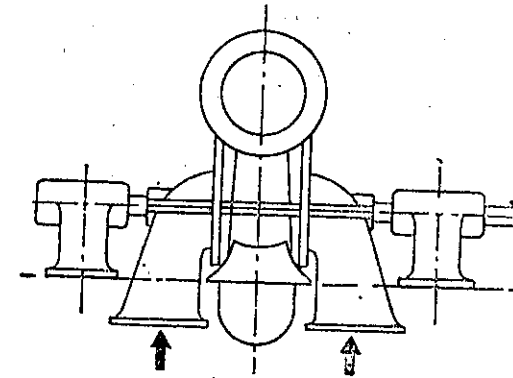
Tek ve çift emmeli santrifüj tulumba örnekleri:

(Şekil: 89) da aynı taban üzerine ayrı ayrı tesbit edilmiş elektrik motoruyla akuple tek emmeli bir santrifüj tulumba gösterilmiştir.



(Şekil: 89) Tek emmeli santrifüj tulumbanın şeması.

(Şekil: 90) da çift girişli bir santrifüj tulumba gösterilmiştir. Burada rotor yatakları, tulumba gövdesinden ayrı oldukları için, taban üzerine konulduğu zaman kasıntı olmaması için montajın çok ihtimamlı yapılması ge-



(Şekil: 90) Çift emmeli santrifüj tulumba, yatakları gövdeden ayrı olarak hazırlanmış.

rekir. Bu nevi tulumbaların çoğunda yataklar gövde ile birlikte dökülüp işlenmiş olduğundan yukarıdaki mahzûr giderilmiştir.

Eksenel itme:

Rotorun eksen doğrultusunda itilmesinin iki sebebi vardır:

Statik itme: Hareketli çarkın iki cephesindeki yüzeylerin farkından dolayı, emme tarafına olmak üzere eksenel bir itme kuvveti meydana gelir.

Dinamik itme: Rotor kanadlarındaki sıvı zıt tesirlerinin yataklar bir bileşeni vardır. Bu, rotoru eksen doğrultusunda kaymaya zorlar.

İşte bu statik ve dinamik kuvvetlerin bileşkisi tehlikeli bir değer alabileceği için iyi hazırlanmış denkleştirme tertibatına lüzum vardır.

Çift emmeli tulumbalarda hareketli çarkın yan yüzleri simetrik olduğu için statik itme kendiliğinden denkleşir.

Dinamik itme ise ancak, ilki emme menfezinin debisi farklı olduğu zaman meydana gelebilir.

Tek emmeli santrifüj tulumbalarda eksenel itmeyi önlemek üzere, karşı yataklardan faydalanılır.

Kavitasyon:

Hidrolik makinelerde mevzii basınç düşmesinden dolayı sıvının buharlaşması olayına kavitasyon denir. Bu olay, basıncın en düşük olduğu rotor girişinde meydana gelirse kesilme olur, tulumba su vermez. Ancak sıvı damarlarının ayrılmasına sebep olan kaynaşma ile kavitasyonu birbirine karıştırmamalıdır. Denemeler kaynaşmasız kavitasyon olabileceğini ve sıvı damarlarının kavitasyon olmaksızın da ayrılabilceğini göstermiştir. Kavitasyon tulumbanın sabit kısımlarında meydana gelebileceği gibi rotor kanadlarında da meydana gelebilir. Basınç, sıvının kaynama noktasına tekabül eden değerin altına, bütün tulumbada yahut belirli bir bölgede, düşebilir.

Kavitasyonu genelleştiren sebepler aşağıda belirtilmiştir:

- a — Emme yüksekliğinin artması.
- b — Kot sebebiyle atmosfer basıncının azalması.
- c — Tulumba ile basılan sıvı sıcaklığının artması.

Basıncın mevzii olarak düşmesi aşağıdaki sebeplerden ileri gelir:

- a — Tulumba devrinin artmasıyla sıvı hızının artması.
- b — Kaynaşma yüzünden sıvı damarlarının ayrılması.
- c — Sıvı yörüngelerinin dirsek sebebiyle inhiraf etmesi.

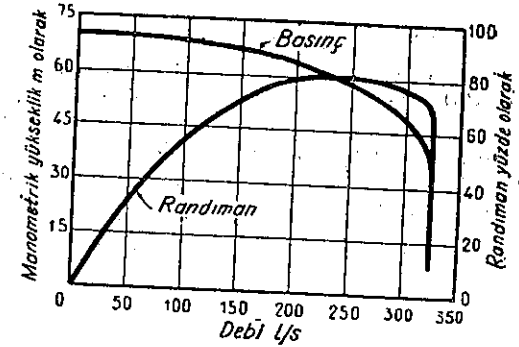
Kavitasyonu tanıtan işaretler:

Gürültü ve Titreşimler: Bu haller, buhar taneleri yüksek basınç bölgesine geldiği zaman kaybolur. Kavitasyon genelleşirse tulumba bir beton karma makinesi gibi sesler çıkarır. Kavitasyon yokken de uygun kullanımı sahası dışında çalıştırılan

tulumbalarda gürültü ve titreşimler meydana gelir. Bu, sıvının rotor kanadlarına çarparak girmesinden ileri gelir.

Basınç eğrisinin düşmesi:

Kavitasyon olayı, debiye bağlı olarak elde edilen basınç eğrisini normal değerinin altına düşürür. Bu olay da tulumbanın cinsine göre değişiklik gösterir. (Şekil: 91) de özgül hızı düşük yani debisine nazaran manometrik yüksekliği nispeten büyük olan bir santrifüj tulumbada kavitasyon görünür görünmez basınç eğrisinin ani olarak düştüğünü göstermektedir.



(Şekil: 91) Bir santrifüj tulumbada kavitasyon sebebiyle basıncın düşmesi.

Kavitasyonu önleme çareleri:

Bir tulumbada kavitasyonu önlemek için bunun kavitasyon özelliklerini ve hangi emme şartları altında çalışması gerektiğini bilmek lüzumdur. Emme borusunun çapına büyültmek, uzunluğunu azaltmak, lüzumsuz dirsekleri kaldırmak kısaca yük kaybını azaltmak kavitasyonu önlemesinin en iyi çaresidir.

Tulumbanın iç yapısına gelince, özgül hızı düşük olanlarda kanad sayısı azaltılmalı ve boyları artırılmalıdır. Böylece kanal kesitleri büyüyerek buhar ceplerinin bağlı hacmi küçülür. Ayrıca emme menfezinin büyütülmesi yük kaybını azaltarak kavitasyon tehlikesini azaltır. Aksine olarak özgül hızı yüksek olan tulumbalarda kanallar yeter derecede geniştir. Bunların aşırı yüklenmesiyle sıvı damarları ayrılabilceği için kanat sayısını artırmak doğru olur.

Kavitasyonun sebep olduğu gürültü ve titreşimler emme borusuna bir miktar hava sokarak azaltabilir.

En iyisi, türbinli tulumbaları özelliklerini gösteren efrilere göre uygun çalışma bölgesinde kalarak, çok yüksek hız seçme temayülü göstermemektedir.

Çok hücreli tulumbalar:

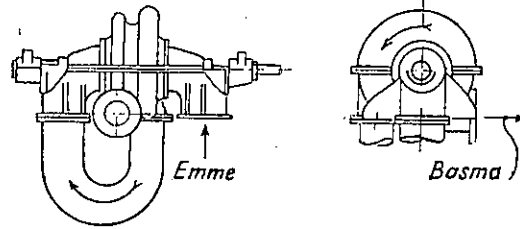
Debiye göre manometrik yüksekliği artırmak için birbiri ardınca birkaç rotor konur. Bunlardan birincisi merkezden emdiği sıvıyı, basıncını artırarak,

çevreden basma borusuna yollar. İkinci rotorun emme borusunu teşkileden bu borudan gelen su, ikinci rotorun merkezinden girer, basıncı yükseltilerek çevreden basma borusu ile dışarı çıkar. Eğer üçüncü, dördüncü rotorlar varsa aynı şekilde hareketine devam eden sıvının basıncı her birinde ayrıca artırılır. Bir çark ile difüzörden ibaret her kısım, kademe adını alır. Mesela: aynı mil üzerine peşpeşe takılmış 8 çark ve difüzörü varsa, grup 8 kademeli tulumba adını alır.

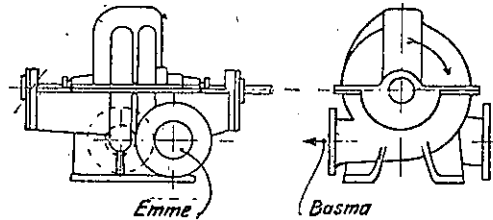
Çeşitli tiplerde çok hücreli tulumbalar vardır. Tanıtımını kolaylaştırmak için gövdeleri bakımından bir tasnif yaptım.

İki kısım halinde uzunlamasına ayrılmış tulumba gövdeleri:

Bu, en uygun olan çok hücreli tulumba gövdesi tipidir. Hareketli kısmın kolayca çıkarmaya elverişli olması, üstünlüğünü teşkil eder. Gövdenin biçimi hücreleri çeşitli şekillerde birleştirmeye elverişlidir. Bilindiği gibi bir kademeden basması kendinden sonra gelenin emmesiyle birleştirilir. Bu birleştirme, ya tulumba gövdesinin dışındaki boru ile (Şekil: 92) yahut da tulumba gövdesiyle birlikte dökülmüş bir kanalla sağlanır (Şekil: 93).

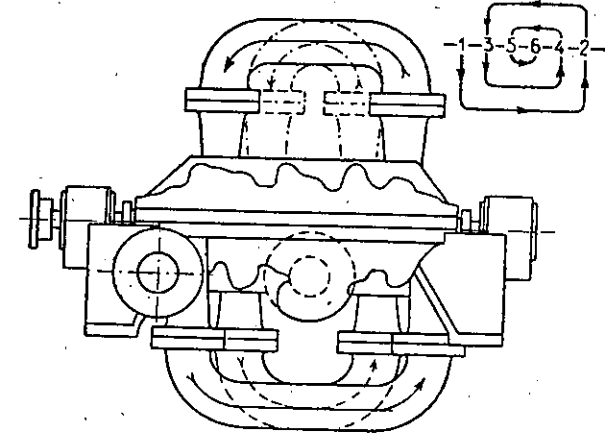


(Şekil: 92) İki kademeli olan çok hücreli tulumba.



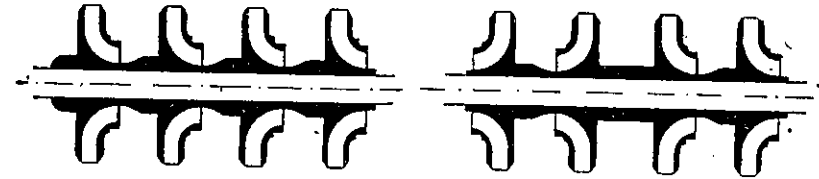
(Şekil: 93) İki kademeli olan çok hücreli tulumba.

Diğer bir çözüm şekli de milin ortasına nazaran dıştan içe doğru alternatif olarak kademeleri birleştirmeyi hedef tutar. (Şekil: 95) te 6 kademeli çok hücreli tulumbada suyun giriş sırasına göre rotorlar numaralanmıştır. (Şekil: 94) teki şema suyun takip ettiği yolu daha açık bir şekilde gösteriyor.



(Şekil: 94 ve 95) Altı kademeli çok hücreli tulumbada suyun takip ettiği yol gösterilmiştir.

Kanatlı rotor çarkları mil üzerine iki farklı şekilde takılır. (Şekil: 96) ya uygun olanlarda her eleman, diğerinin mil üzerinde kaydırılmasıyla elde edilir. Yahut da (Şekil: 97) de görüldüğü gibi mil ortasından dikey olarak geçirilen düzlemi simetri düzlemi yapacak şekilde tertiplenir.



(Şekil: 96) Çok hücreli tulumbanın rotorları kaydırılarak konmuş

(Şekil: 97) Çok hücreli tulumbanın rotorları mil ortasından geçen düzleme göre simetrik konmuş

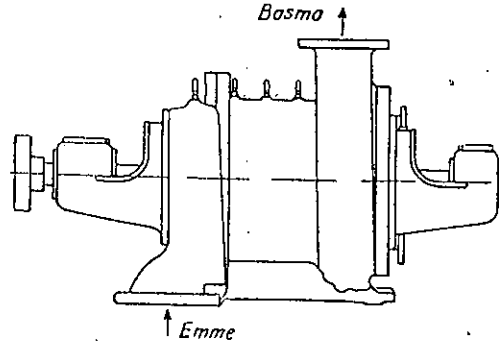
İki yanaklı tulumba gövdesi:

(Şekil: 98) de bu tipe ait bir örnek verilmiştir. Tulumba gövdesi, içersine geçirilmiş kademelere ait difüzörlerin tesbit edildiği bir tek silindirden ibarettir. Bu silindirlerin her nihayeti yanak denilen ve civatalarla tutturulan bir kısım ile nihayet bulur. Bu yanaklar mil ucunun geçmesine imkân verir.

Bu tip tulumbalarda kademeler peşpeşe birbiriyle birleştirilir.

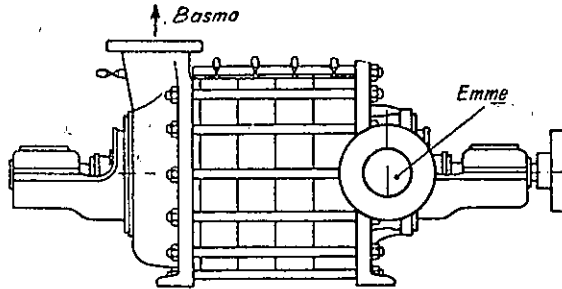
Disk biçimli tulumba gövdesi:

Çeşitli kademelerin difüzörleri ayrı parçalardan teşkil edilmiştir. Bu difüzörler manzumesi eksenel olarak yapıştırılmış olup serbest olan iki nihayet (Şekil: 99) da görüldüğü gibi civatalarla birleştirilmiştir.



(Şekil: 98) Kademeleri peşpeşe sıralanmış çok hücreli bir santrifüj tulumba.

Bunda da muhtelif kademeler peşpeşe konarak çok hücreli tulumba meydana getirilmiştir.



(Şekil: 99) Difüzörleri ayrı parçalar halinde olan çok hücreli bir santrifüj tulumba

Sorular:

- 1 — Türbinli tulumbayı tanıtarak sıvının yörüngesine göre kitaptaki şemalardan da faydalanmak suretile bir tasnif yapınız.
- 2 — Türbinli tulumbaların rotor çeşitlerini özellikleriyle birlikte açıklayınız.
- 3 — Türbinli tulumbaların difüzörlerinin ne işe yaradığını belirterek çeşitli tiplere ait olanlar hakkında kitaptaki şekiller yardımıyla bilgi veriniz.
- 4 — Santrifüj tulumbanın işleyişini Bernoulli teoremi yardımıyla açıklayarak mecmu manometrik yüksekliğin nasıl çıkarılacağını gösteriniz.

Hızlar üçgenlerini çizimle göstererek V_m , V_s ve V_b arasındaki bağıntıları giriş ve çıkış için tayin ediniz.

5 — Santrifüj tulumbanın özelliklerini gösteren eğrileri deneysel olarak çiziniz ve bunların önemini belirtiniz.

6 — Bir santrifüj tulumbanın dinamik randımanı nasıl hesaplanır. Kayıpların nevelerini belirtiniz.

7 — Bir santrifüj tulumbanın debisini veren formülü yazarak gerekli açıklamaları yapınız. Dönme sayısı değiştirildiği takdirde H manometrik yüksekliğinin, Q debisinin ve çekilen G gücünün nasıl değişebileceğini açıklayınız.

8 — Türbinli tulumbaların özgül dönme hızı ne demektir? Bunun önemini belirterek çeşitli tipler arasındaki farkları açıklayınız.

9 — Eksenel itmenin nelerden ileri geldiğini açıklayarak önlenmesi çareleri hakkında kısaca bilgi veriniz.

10 — Kaviteasyon nedir? Bu olayın varlığı nelerle anlaşılır. Kaviteasyonu önleme çareleri nelerdir?

11 — Çok hücreli santrifüj tulumbaların yapılmasına neden lüzum görülmüştür? Bu hususta derli toplu bilgi veriniz.

12 — Çok hücreli santrifüj tulumbaları gövdeleri bakımından bir tasnife tâbi tutarak kitaptaki şekiller yardımıyla gerekli açıklamaları yapınız.

Alıştırmalar:

1 — Çift girişli santrifüj bir tulumbanın debisi $Q = 950$ litre/dakiadır. Manometrik yükseklik $H = 7,5$ metre, dönme hızı $n = 1400$ devir/dakika olduğuna göre özgül dönme sayısını hesaplayınız.

Cevap: 106.

2 — Bir santrifüj tulumba aşağıda özellikleri belirtilen bir kanal üzerine kurulmuştur.

Emmenin geometrik yüksekliği: 2,25 metre.

Basmanın geometrik yüksekliği: 25 metre.

Emme borusunun uzunluğu: 15 metre olup bir süzgeçli klape, iki de dirsek mevcuttur.

Basma borusunun uzunluğu 300 metre olup üzerinde bir vana, 4 dirsek bulunmaktadır. Satt 50 m³ su temini için kullanacağınız elektrik motorunun gücünü kw cinsinden hesaplayınız.

Vana, dirsek v.s. için 5 metre uzunluğundaki doğrusal bir borunun yük kaybını kabul ediniz. Su hızının 2 metre/saniyeden daha fazla olmamasına dikkat ediniz. Tulumbanın dinamik randımanı % 80 alınacaktır. Cevap: 11,5 kw.

3 — Çift girişli bir santrifüj tulumbanın özellikleri aşağıda belirtildiği gibidir:

Rotorun giriş yarı çapı $r = 50$ mm., giriş genişliği $l = 20$ mm. Rotorun çıkış yarı çapı $r' = 100$ mm., çıkış genişliği $l' = 12$ mm. Rotoru su radyal olarak girmektedir.

Kanatların rotor iç çemberiyle yaptığı açı $\beta = 135$ derece kanatların rotorun dış çemberiyle yaptığı açı: $\lambda = 60$ derece. Dönme hızı $n = 1500$ devir/dakika olduğuna göre:

a — Debiyi hesaplayınız (kanat katınlıkları giriş kesitinin % 15'ini işgal etmiştir).

b — Mecnü manometrik yüksekliği hesaplayınız. Bunun için H manometrik yüksekliğini veren formülden faydalanınız.

c — Faydalı G_f gücünü, $B \cdot B$ cinsinden hesaplayınız.

d — Tulumbanın rundıman % 80, elektrik motorunun ki % 95 olduğuna göre şebekeden çekilen elektrik gücünü kw olarak bulunuz.

e — Elektrik enerjisinin kw -saati 35 kuruş olduğuna göre, günde 10 saat çalıştırılan motopomp grubunun yıllık sarfiyatı kaç lira olur.

Cevap: a) 41,9 lt/sn, b) 19 m., c) 16,1 B . B, d) 15,5 kw, e) 19801,25 lira.

Yol gösterme:

Önce debi formülü ile tulumbanın saniyede kaç litre su bastığını hesaplayınız. Bunun için V_m mutlak hızını, hızlar üçgeni yardımıyla bulunuz. m katsayısını 0,85 almayı unutmayınız.

H manometrik yüksekliğini hesaplayabilmek için önce $V'b$ bağıl hızını, debinin $V'b$. s olacağını göz önünde tutarak hesaplayınız. Çıkıştaki debi giriştekini aynıdır. Eğer rotor çıkış kesiti S ise $V'b$ ye dikey olan kesit $s = S \cdot \sin \gamma$ dir. m yine % 85 tir. Böylece çıkışa ait hızlar üçgeninin bütün elemanları hesaplanabileceğinden H manometrik yüksekliği de formülü ile bulunur. Problemin geri kalan kısmı ayrı bir zorluk göstermez.

SU DÜŞMESİNİN DÜZENLENMESİ

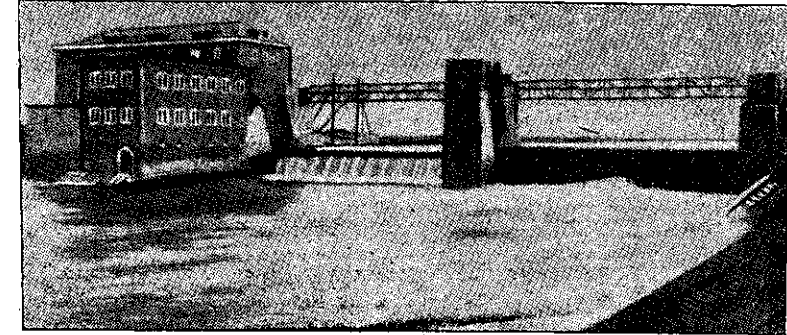
Giriş:

Akan sularda mevcut enerjiden faydalanabilmek için nehir mecrasının en yüksek ve en alçak noktaları arasındaki seviye veya kot farkından istifade etmek üzere: baraj, kanal, savak, vana, türbin odası v.s, gibi oldukça masraflı tesisler meydana getirilir.

Su düşmesinin düzenlenmesinde arazinin durumuna göre birbirinden farklı tesislere lüzum görülür. Bunları basitten daha karışığına doğru üç kısımda incelemek mümkündür.

1 - Nehir üzerine yapılan tesis:

Gemi ve manavlarla nakliyat yapılan nehirlerde bu taşıtların seviye farklarını aşabilmeleri için, setler ve eklüz denen kapaklardan faydalanılmaktadır. Bu şekilde meydana çıkan bir su düşmesinden mekaniksel ve elektriksel

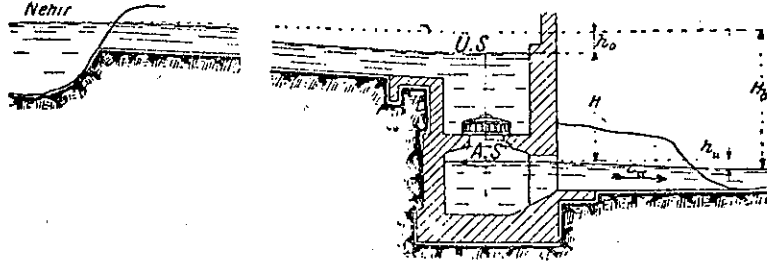


(Şekil: 100) Nehrin önüne çekilen set, bir su düşmesi meydana getirir.

enerji elde edilir. Bunun için üst seviyedeki suyu, bir alternatöre birleştirilmiş, türbinden geçirmek suretiyle alt seviyeye göndermek kâfidir. (Şekil: 100) de bu neviden bir hidrolik santral gösterilmiştir. Aynı nehir mecrası üzerine kademeli olarak konulan setlerle başka santraller de meydana getirilir.

Setler veya barajlar yalnız sudaki enerjiden faydalanmayı sağlamakla kalmaz aynı zamanda ziraat ve endüstrinin ihtiyacı bulunan suları biriktirir,

sürtünme dirençlerini yenebilecek kadar olmalıdır. Bu, 0,001 ile 0,005 arasında değişir. Alçak su düşmeleri için en küçük eğim seçilir. Çünkü faydalanılacak H düşme yüksekliği yüklem haznesi üst seviyesinden başlar, kanal eğimi artarsa kaybedilen h_0 yüksekliği de artar (Şekil: 103). Türbin rotundan çıkan suyu kaçak kanala yollayan difüzör adlı borudaki su seviyesi



(Şekil: 103) Uzunlamasına kesit üzerinden: teminedilen, kaybedilen ve faydalanılan yüksekliklerin incelenmesi. Ü. S = Üst seviye, A. S = Alt seviye.

kaçak kanal seviyesinden h_a kadar yukarda bulunursa türbinde bu yükseklikten de faydalanılmış olur, Buna göre faydalanılan H yüksekliği:

$$H = H_b - (h_0 + h_a)$$

Burada: H_b = Baraj seviyesile kaçak kanal seviyesi arasındaki düşey uzaklık.

h_0 = Baraj seviyesile, yüklem haznesi seviyesi arasındaki düşey uzaklık.

h_a = Difüzör içersindeki su seviyesile kaçak kanal seviyesi arasındaki düşey uzaklıktır.

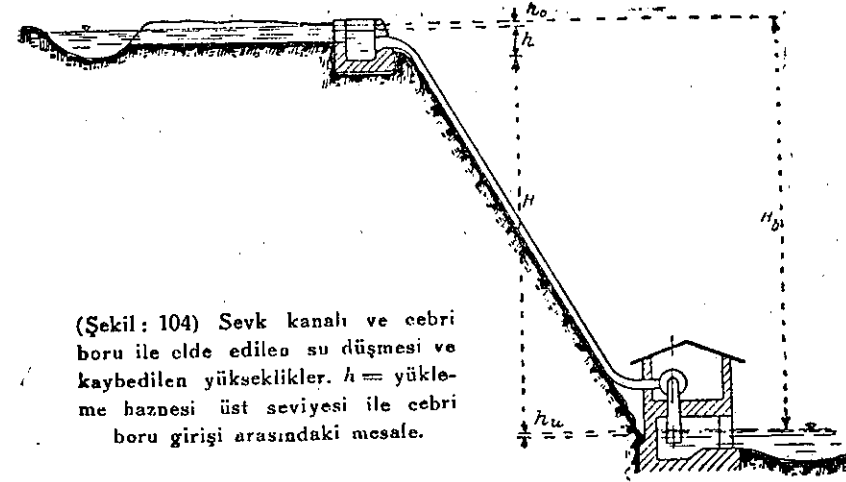
3 - Sevk kanalı ve cebri boru ile meydana getirilen tesis:

Büyük su düşmesi temin eden tesislerde barajda toplanan su, ya açık bir sevk kanalından yahut da bir galeriden geçirilerek yüklem haznesine gönderilir (Şekil: 104). Burada sabit tutulan su seviyesiyle kaçak kanal arasındaki düşey uzaklık geometrik yüksekliği verir. Yüklem haznesindeki su, cebri boru ile türbine gönderilir. Faydalanılabilecek H yüksekliğini bulmak için yukarda gösterildiği gibi, H_b yüksekliğinden yalnız $(h_0 + h_a)$ yı değil, ayrıca cebri boruda uğranılan J yük kaybını da çıkarmak lazımdır.

$$H = H_b - (h_0 + h_a + J)$$

Cebri boru:

Bu borunun üst kesitinde basınç P_0 , kot Z_0 , alt kesitinde ise basınç P , kot da Z olsun (Şekil: 105). Bu iki kesit arasındaki J yük kaybı, Bernouilli teoremi ile aşağıda belirtildiği gibi yazılır.



(Şekil: 104) Sevk kanalı ve cebri boru ile elde edilen su düşmesi ve kaybedilen yükseklikler. h = yüklem haznesi üst seviyesi ile cebri boru girişi arasındaki mesafe.

$$\frac{P_0}{\omega} + Z_0 = \frac{P}{\omega} + Z + J \quad (1)$$

Burada her iki kesit aynı olduğu için kinetik enerjiyi veren terimler aynı değerde olduğundan, her iki tarafta, birbirini götürmüştür.

Yüklem haznesiyle cebri boru üst kesiti arasında Bernouilli teoremi uygulanırsa, aşağıdaki bağıntı yazılır.

$$\frac{P_a}{\omega} + h = \frac{P_0}{\omega} + \frac{V^2}{2g} \quad (2)$$

h = Cebri boru üst kesit ağırlık merkezinden yüklem haznesi üst seviyesi arasındaki uzaklıktır.

Bu nevi tesislerde düşme yüksekliği fazla olduğundan $\frac{V^2}{2g}$ kinetik enerjisine tekabül eden yükseklik ihmal edilebilir. Bu husus göz önünde tutulup (1) ve (2), denklemleri taraf tarafa toplanarak aşağıdaki bağıntı elde edilir.

$$\frac{P_0}{\omega} + Z_0 + \frac{P_a}{\omega} + h = \frac{P}{\omega} + Z + J + \frac{P_0}{\omega} + \frac{V^2}{2g}$$

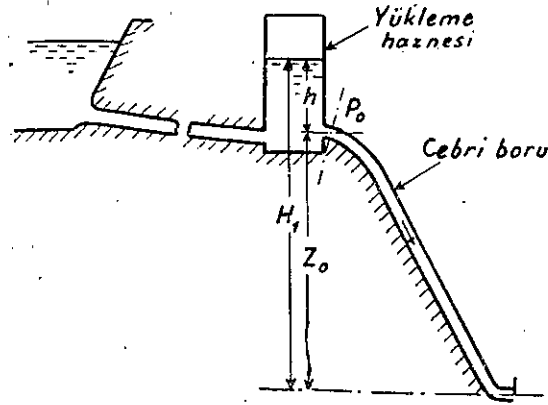
$$Z_0 - Z + h = \frac{P - P_a}{\omega} + J + \frac{V^2}{2g}, \text{ eğer } \frac{V^2}{2g} = 0 \text{ alınırsa: ve}$$

$$H_1 = Z_0 - Z + h \text{ olduğu belirtilmesi halinde;}$$

$$\frac{P - P_a}{\omega} = H_1 - J \text{ elde edilir.}$$

Bu bağıntı; $H_1 - J$ konum enerjisinin $\frac{P-P_a}{\omega}$ basınç enerjisine çevrilmiş olduğunu gösterir. Cebri borular çelik sağılardan yahut betonarmeden yapılır. Bunlardan akan suyun hızı ne kadar az olursa, $\frac{H_1 - J}{H_1}$ ile randımanı veren kesir o kadar büyük olur.

Bilindiği gibi sabit bir Q debisi için hızı azaltmanın çaresi D boru iç çapına büyütmekten ibarettir. Fakat boru çapının büyümesi tesisin maliyetini artırır. Bu sebeple yatırılan paranın suizi ve amortisman bedelleri göz önünde tutularak uygun şartlar altında en elverişli çap tayin edilir.



(Şekil: 105) Cebri boru, konum enerjisini basınç enerjisine çevirir.

Genel olarak J mecmu yük kaybı H_1 geometrik yüksekliğinin 0,05 ilâ 0,1 i arasında alınır. Bu suretle J ve Q bilince daha önce hesabını gördüğümüz formüller veya Flamant abaki yardımıyla borunun çapı ve suyun hızı kolayca bulunur.

Düşen suyun vereceği gücü hesaplamak:

Faydalanılan düşme yüksekliği H ise: bu 1 kg sudaki konum enerjisini gösterir. Eğer türbinden geçirilen suyun hacimsel debisi Q m³/saniye ise, bunun ağırlığı $\omega \cdot Q$ kg/saniye eder. Şuhalde bu suyun verebileceği güç:

$$G = \omega \cdot Q \cdot H \text{ olur.}$$

Burada $\omega = 1000 \text{ kg/m}^3$ olduğundan: $G = 1000 \cdot Q \cdot H$ kgm/saniyedir.

Uygulamalar:

1 — Bir türbin tesisinde cebri borunun alt kısmına konan madeni bir manometre 7,5 kg/cm² basınç gösterdiğine ve manometrenin bulunduğu nokta ile yükleme

haznesi üst seviyesi arasındaki geometrik yükseklik $H_1 = 82,5$ metre olduğuna göre; aşağıda sorulanları hesaplayınız. Manometrenin kaçak kanala olan uzaklığı ihmal edilebilmektedir.

- a — Cebri borudaki J yük kaybını,
- b — Cebri borunun randımanını hesaplayınız.

Çözülüşü:

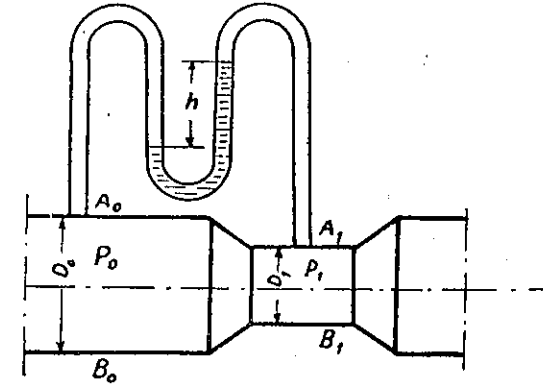
a — Cebri borunun alt kısmındaki manometre 7,5 kg/cm² gösterdiğine göre; $H_1 = 82,5$ metre ile gösterilen konum enerjisinden basınç enerjisine çevrilen miktar: 7,5 kg/cm² yahut 75 m-su dır. Şu halde aradaki fark, J yük kaybını gösterir.

$$J = H_1 - H = 82,5 - 75 = 7,5 \text{ m — su}$$

b — Cebri borunun randımanına aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\eta_c = \frac{H_1 - J}{H_1} = \frac{82,5 - 7,5}{82,5} = \frac{75}{82,5} = \% 90$$

II — Yukarıdaki misalde verilen cebri borunun çapı 1,25 m tir. Bu boru üzerine $D_1 = \frac{D_0}{2}$ olarak konan Venturi sayacının U biçiminde kıvrılmış diferansiyel manometresi 93 mm-civa göstermektedir. Buna göre, Q debisini ve suyun verebileceği gücü hesaplayınız (Şekil: 106).



(Şekil: 106) Venturi sayacının diferansiyel manometresi.

Çözülüş:

Sürelilik kuralına göre, dar ve geniş kesitlerden bir saniyede geçen su miktarı yani debi aynıdır.

$$Q = \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} \cdot V_0 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot V_1$$

$$D_0^2 \cdot V_0 = D_1^2 \cdot V_1$$

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{D_0^2}{D_1^2} \text{ yazılır. Bundan: } \frac{V_1^2 - V_0^2}{V_0^2} = \frac{D_0^4 - D_1^4}{D_1^4} \text{ elde edilir.}$$

Şimdi diferansiyel manometre uçlarının cebri boruya birleştiği kesitler arasında Bernouilli teoremini uygulayalım:

$$\frac{P_0}{\omega} + \frac{V_0^2}{2g} = \frac{P_1}{\omega} + \frac{V_1^2}{2g}$$

$$\frac{P_0 - P_1}{\omega} = \frac{V_1^2 - V_0^2}{2g} = h = 93 \text{ mm} - \text{civa} = \frac{93 \cdot 13,6}{1000} \text{ m} - \text{su}$$

$$h = 1,265 \text{ metre-su}$$

$$V_1^2 - V_0^2 = 2gh = 2 \cdot 9,81 \cdot 1,265 = 24$$

Yukardaki en son bulduğumuz bağıntıda bu değeri yerine koyarak V_0 ortalama hızını hesaplayınız.

$$\frac{24}{V_0^2} = \frac{D_0^4 - D_1^4}{D_1^4} \text{ Bundan: } V_0^2 = \frac{24 \cdot D_1^4}{D_0^4 - D_1^4} = \frac{24 \cdot 0,625^4}{1,25^4 - 0,625^4} = \frac{3,6}{2,28}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{3,6}{2,28}} = 1,25 \text{ metre/saniye}$$

Debinin bulunması:

$$Q = \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} \cdot V_0 = \frac{3,14 \cdot 1,25^2}{4} \cdot 1,25 = 1,18 \text{ m}^3/\text{saniye}$$

Faydalı manometrik düşme yüksekliği, 7,5 kg/cm² lik basınca tekabül eden $H = 75$ metredir. Şu halde suyun verebileceği güç:

$$G = \omega \cdot Q \cdot H = 1000 \cdot 1,18 \cdot 75 = 88500 \text{ kgm/sn}$$

Sorular :

1 — Su düşmesi nasıl düzenlenir? Bir nehir önüne çekilen set ile suyun şişme uzaklığı nasıl hesaplanır?

2 — Sevk kanalının vazifesi nedir? Bu kanal nihayetine yapılan türbin odası ile elde edilecek düşme yüksekliğini ve uğranılan yükseklik kayıplarını kitaptaki şekil yardımı ile anlatınız.

3 — Sevk kanallı ve cebri borulu tertip ile elde edilen düşme yüksekliği hangisidir? Kitaptaki şema yardımı ile gerekli bilgileri veriniz.

4 — Cebri borunun vazifesi nedir? Bernouilli teoreminden faydalanarak açıklamanızı bir esasa dayayınız. Cebri borunun randımanı neyi ifade eder?

5 — Yukardaki usullerden herhangi birine göre temin edilecek düşme yüksekliği için suyun verebileceği güç nasıl hesaplanır?

Alıştırmalar :

1 — Sabit kesitli bir kanalın eğimi $i = 0,001$ dir. Arazi durumunun elverişli olduğunu kabul ederek 5 metrelik bir düşme yüksekliği sağlandığı takdirde şişirilen suyun uzanacağı mesafeyi hesaplayınız. Cevap: 500 m.

2 — Bir hidrolik santralin yükleme haznesi üst seviyesile cebri boru nihayeti arasındaki düşey uzaklık 120 metre, bu kesitle kaçak kanal arasında faydalanılabilen yükseklik de 5 metredir. Cebri boruda %5 bir kayıp kabul edildiği takdirde, faydalanılacak yükseklik ne olur? Cebri boru nihayetine konulan bir manometrenin gösterdiği basınç kaç kg/cm² olur? Bu cebri borunun randımanı nedir? Cevap: 119 m, 11,4 kg/cm², %95.

3 — Yukarıdaki alıştırmada verilen cebri borunun iç çapı 75 cm, uzunluğu 2 kilometre olduğuna göre, Flamant abakından faydalanarak cebri borunun debisini ve suyun ortalama hızını bulunuz. Buna göre, suyun verebileceği güç kaç B.B. olur?

4 — Seyhan barajının hidrolik santralındaki türbinin gücü 28900 B.B., randımanı ise %92 dir. Yükleme haznesile kaçak kanal arasındaki düşey uzaklık 32 metre, türbinin sarfiyatı 77 m³/saniye olduğuna göre aşağıda sorulanları hesaplayınız.

a — Suyun verebileceği gücü bulunuz.

b — Faydalanılan manometrik yükseklik ne kadardır? Cevap: 32453 B.B ve 30,3 m.

5 — Hazer hidrolik santralındaki türbinin debisi yani sarfiyatı en çok 1,450 m³/saniye olup yükleme haznesile cebri boru nihayet kesiti arasındaki düşey uzaklık 350 metredir. Bu türbini besleyen cebri boru bir tünelden ibaret olup uzunluğu 4453 metre, çapı ise 214 cm. dir. Cebri boruda %5 kaybın kabul edildiği bilirse, düşen bu suyun manometrik basıncını ve verebileceği gücü hesaplayınız. Türbinin 5275 B.B verdiği bilindiğine göre randımanı ne olur? Cevap: 30,4 kg/cm²; 6420,7 B.B; %82.

SU TÜRBLNLERİ

Tanıtma :

Bir akışkandaki kinetik ve potansiyel enerjiyi, rotor denen çarkta dönme hareketi teminederek mekaniksel enerjiye çeviren makinelere genel olarak türbin denir.

Su türbinleri buhar türbinlerinden daha yavaş döndüğü için, daha büyük bir yer tutar.

Modern türbinler :

Modern türbinlerde aşağıda belirtilen kısımlar bulunur:

Dağıtıcı : Potansiyel enerjiyi tamamen veya kısmen kinetik enerjiye çeviren organ olup debiyi dolayısıyla gücü ayarlar.

Çark : Sudaki kinetik veya potansiyel enerji, çarkta mekaniksel enerjiye çevrilir.

Boşaltıcı : Çarktan çıkan suyu eski mecrasına ulaştıran organ ve kaçak kanaldan ibarettir.

Su düşmesi H in değerine göre, 3 çeşit tertip tasarlanır:

- a — Yüksek su düşmesi: H, 300 metreden büyük.
- b — Orta su düşmesi : H, 50 metre ile 300 m. arasında.
- c — Alçak su düşmesi : H, 50 metreden aşağı.

Bu tasnifin herbirine bilhassa uyan bir türbin tipi vardır ki bunlar da sırasıyla: PELTON, FRANCİS ve USKUR türbinleri olarak ayırt edilir.

Yüksek su düşmesi :

Bu, dağlık arazide muhtelif derelerin sularını toplayan tabii bir göl suyuna göre tertiplenir. Bu çeşit su düşmelerinin tertibinde debi hemen daima $10 \text{ m}^3/\text{sn}$ nin altında kalır, buna karşılık düşme yüksekliği büyük olur. Bu nevi düşmeler için Pelton türbini bilhassa uygundur (Şekil: 109).

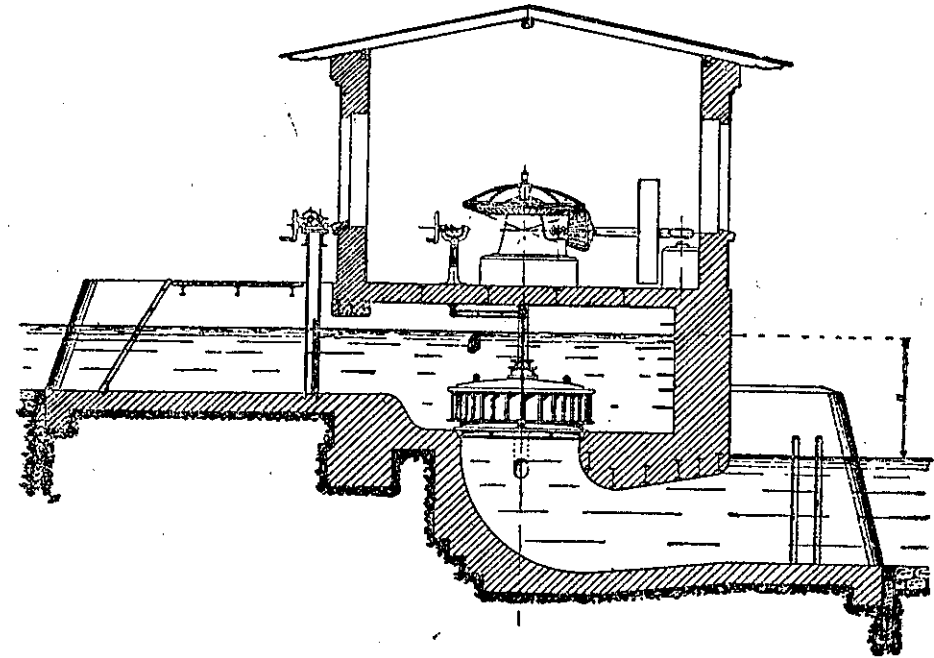
Debisi az olan bu türbinin rotor kanatlarına su, bir veya daha fazla fıskiye den gönderildiği için, buna kısmi püskürmeli adı verilir. Ayrıca randımanı yükseltmek için rotorun çevre hızı, fıskiye den püskürülen su hızının

yarısına yakın alınır, Düşme yüksekliği büyük olduğu için, fıskiye den çıkan suyun hızı da büyük olur; rotorun kanat ortasından geçen çembere göre hesaplanacak çevre hızı bunun yarısına eşit alınır, merkez kaç kuvvetin tahribe sebep olacak bir hale varmaması için, rotor çapını büyülterek dönme hızı düşürülür. Bu sebepten Pelton türbininin rotoru büyük çaplı yapılmıştır.

Orta su düşmesi :

Genel olarak orta büyüklükteki dağ vadisi içersinde yapılan önemli bir barajdan teşkil olunur. Biriken su içersindeki katı cisimler dipte toplanmağa vakit bulacağı için daha hassas yapılmış türbinlerden faydalanılabilir.

Büyük debiler için dağıtıcı, rotora bütün çevresinden suyu gönderdiğinden bu sisteme mecmu püskürmeli denmiştir (Şekil: 107). Su yörüngesi,

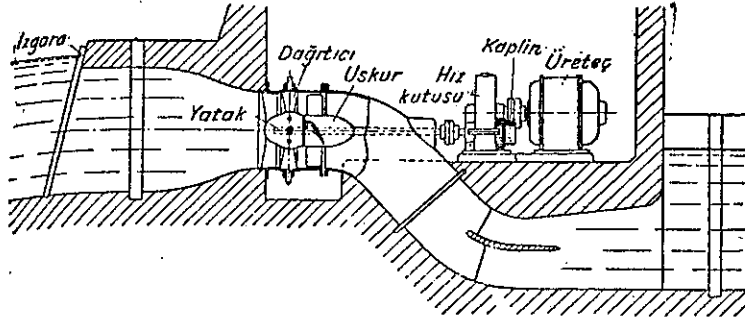


(Şekil: 107) Orta su düşmesi için kullanılan açık odalı Francis türbini.

rotora girişte çevreden merkeze doğru, çıkışta ise dönme eksnine paralel olduğundan aksiyaldır. Bu çeşit türbinlerin her birinde debi: $130 \text{ m}^3/\text{sn}$ niyeye varabilir.

Alçak su düşmesi :

Alçak su düşmeleri için Uskur veya Kaplan türbinleri kullanılır. Bunlar nehirlerden ayrılan kollar üzerine tertiplenen düşmeler için mükemmel sayılır Kaplan türbinini debisi: 300 m³/saniyeye varabilir (Şekil: 108). Rotor kanatları mahdut sayıda ve çukurluğu az uskur kanatlarından ibaret olduğu için eksenel bir yörünge takip eden suyun hızı pek az yavaşlar ve bu sebepten düşme yüksekliğininin azlığı göz önünde tutulursa, türbin nisbeten hızlı döner.



(Şekil: 108) Alçak su düşmesi için kullanılan uskur türbini.

Her tip türbin için yukarıda tahsis edilen sınırlar kesin bir mâna taşımaz. Nitekim düşme yüksekliği 200 metreye varan Erancis türbinleri bulunduğu gibi: 100 metre su düşmesiyle çalışan pelton türbinleri de vardır. Bu sonuncu hal, debi az cebri boru çok uzun ise vaki olur.

Türbinin seçilmesi :

Tertiplenen su düşmesine göre, hangi tip türbinlerin seçileceğine kısaca temas etmiş olduk. Uygun olan türbin tipini, esasını burada tanıtmayacağımız, benzerlik teorisine dayanan bir formül ile daha emin olarak tesbit etmek mümkündür. Bunun için türbinin özgül hızı araştırılır.

Bir türbinin özgül hızı, kendisine geometrik olarak benzer olan 1 metrelük su düşmesiyle 1 B.B güç sağlayabilen bir türbinin dakikadaki dönme sayısıdır.

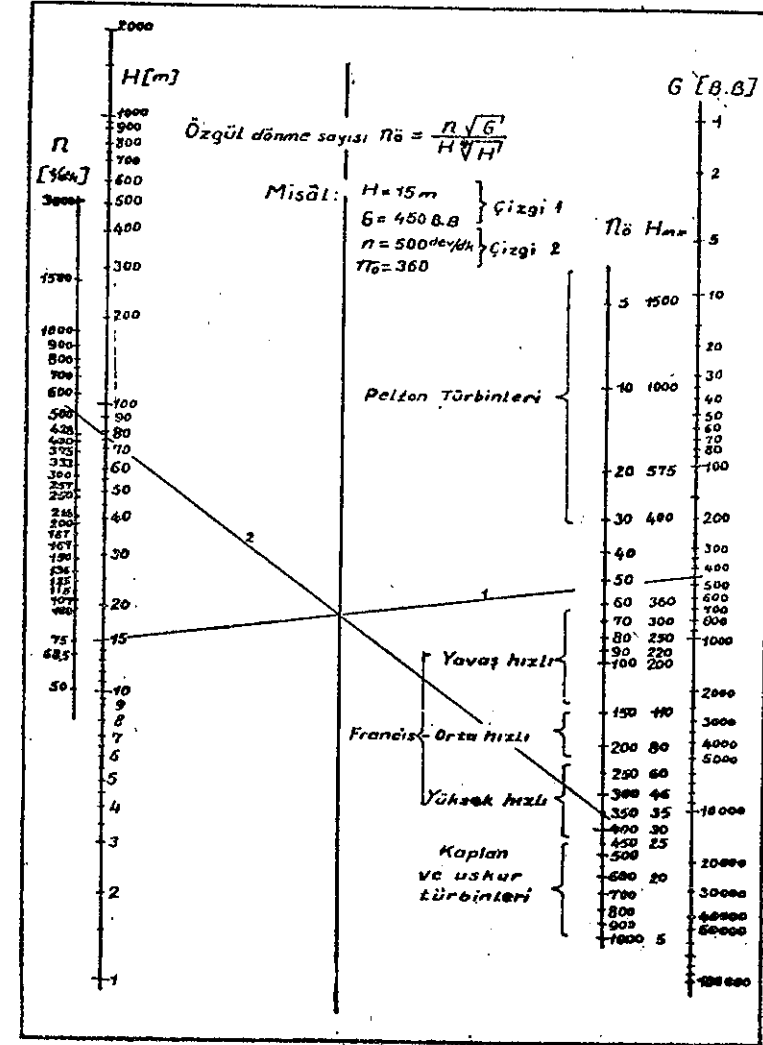
$$n_s = \frac{n}{H} \cdot \frac{\sqrt{G}}{\sqrt{H}}$$

Burada: G = Ele alınan türbinin gücü,

n = Dönme sayısı

H = Düşme yüksekliği.

Yukardaki formüle göre çizilmiş abaktan faydalanarak, belli bir H düşme yüksekliği, G gücü ve n dönme hızı için hangi tip türbin seçileceği n_s sütunundan okunarak kolayca tesbit edilir.



Misal:

Düşme yüksekliği $H = 15$ metre, verebileceği güç $G = 450$ B.B ve dönme hızı $n = 500$ devir/dakika olan bir tesis için hangi tip türbin seçilir?

Çözülüşü: H sütununun üzerinde 15 bölüntüsü ile G sütunundaki 450 B.B gücünü gösteren bölüntü arası 1 çizgisiyle birleştirilir. Bundan sonra n sütunundaki 500 devir/dk bölüntüsü ile 1 çizgisinin ortadaki bölüntüsüz sütunun kesiştiği nokta arası birleştirilerek n_0 özgül dönme hızı sütununu kesinceye kadar uzatılır. Buradaki bölüntünün gösterdiği $n_0 = 350$ devir/dk olup yüksek hızlı Francis türbin tipine tekabül eder.

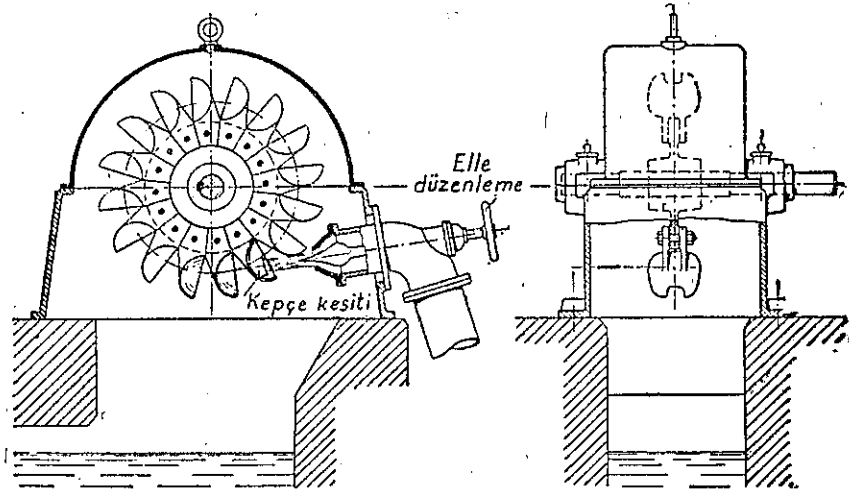
Alıştırma :

Düşme yüksekliği $H = 225$ metre, verebileceği güç $G = 300$ B.B, dönme hızı $n = 500$ devir/dakika olan bir tesiste hangi tip türbin kullanılacağını abaktan faydalanarak tesbit ediniz.

Pelton türbini :

Pelton türbini 1880 de yapılmış olup bugünkü şeklini (kanatları kaşık biçiminde, ortasından bıçak gibi keskin kısımla ayrılmış) 1900 yılında almış bulunuyordu.

Prensip: Cebri borudaki suyun potansiyel enerjisi, dağıtıcı denen fiskiyede kinetik enerjiye çevrilir, püskürülen su, kanatlara çarparak rotoru yani çarkı döndürür (Şekil: 109).

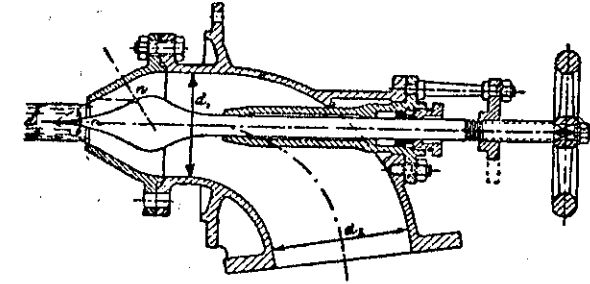


(Şekil: 109) Pelton türbinin esaslı organlarını gösteren şema

Su rotor kanatlarına giriş ve çıkışında atmosfer basıncına sahip olduğu için, pelton türbini etkili bir türbindir. Bu türbinin esaslı organları, dağıtıcı, çark ve regülatörden ibarettir:

Dağıtıcı :

Cebri borunun alt kısmına konmuş yakınsak bir fiskiyedir. Bunun içersindeki uzunca ve dolu parçadan yapılmış bir meme, ileri ve geri hareketiyle, çıkış kesitini büyültüp küçülterek debiyi dolayısıyla gücü ayarlar. Meme profili o şekilde yapılmıştır ki fışkıran su demetinin çapı ne olursa olsun daima silindirik biçimini muhafaza eder (Şekil: 110). Uc kısmın kolay değiştirilebilmesi için sökülebilir halde olması d. gr. olur. Meme ve fiskiye ucu paslanmaz çelikten yapılmıştır. Sürtünme kaybını azaltmak için meme yüzeyi ve fiskiye iç kısmı iyice parlatılmıştır.



(Şekil: 110) Fiskiye'nin kesiti. $d_1 = 2,5 \sim 3 d$, $\alpha = 60^\circ \sim 80^\circ$

Dağıtıcının başlıca görevi basınç enerjisini kinetik enerjiye çevirmektir. Cebri borunun alt kısmına konan bir manometre buradaki basıncı ölçer. Bu, geometrik yükseklikle cebri borudaki mecmu yük kaybının farkına eşittir. Yani manometrik yükseklik: $H = H_1 - J$ dir. Fiskiye çıkışındaki suyun basıncı 1 atmosferdir. Dağıtıcı basıncı enerjisini tamamıyla hız enerjisine çevirdiği takdirde, fiskiyeden çıkan suyun mutlak hızı aşağıdaki formülle hesaplanır.

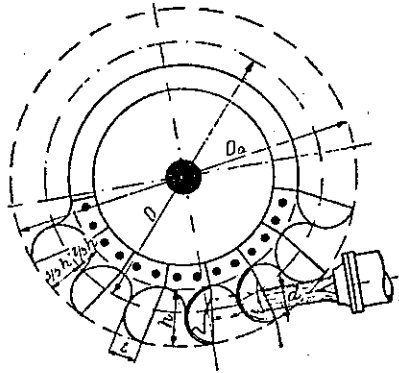
$$v = \sqrt{2gH}$$

Yukardaki formül; $H = \frac{v^2}{2g}$ şeklinde de yazılabilir. Burada H bir kilogram sudaki potansiyel enerjiyi, $\frac{v^2}{2g}$ kinetik enerjisi de tabiatıyla aynı enerji miktarını gösterir. Hacimsel debi Q ise bunun ağırlık cinsinden değeri ωQ

kgm/saniye olacağından, suyun verebileceği güç: $G = \omega \cdot Q \cdot H$ olur. Türbinin mili üzerinde elde edilen faydalı güce G_f dersek, randıman:

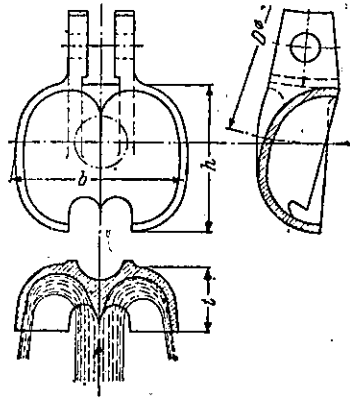
$$\eta = \frac{G_f}{\omega \cdot Q \cdot H} \quad \text{olur.}$$

Dağıtıcıdan püskürülen su demetinin eksenini çarkın ilkel çemberine teğet olmalıdır. (Şekil: 111) de çarkın ilkel daha doğrusu adsal çapı ve su demetinin ardısıra kanatların tam ortasına dikey olarak nasıl tesir edeceği gösterilmiştir.



(Şekil: 111) Su demetinin eksenini ilkel çembere teğet olmalıdır.

$$D_a = D + \frac{6}{5} h$$

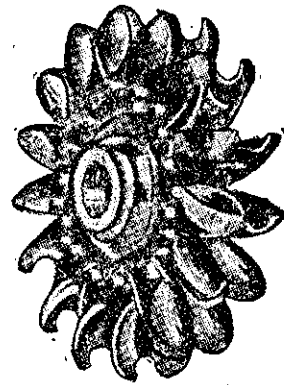


(Şekil: 112) Kanatın üç görünüşü ve çarkın kendisi. $t = 1,4d$; $b = 3,5 d$; $h = 3d$.

Çark yahut rotor:

Rotor, üzerinde kanatlar bulunan çarktır. Kanatların biçimi (Şekil: 112) de gösterilmiştir. Su demeti keskin kenara çarparak ikiye bölünür ve kanat profilne uygun bir doğrultu alır. Yekpâre helde ve ekseriya dökme çelikten yapılan bu sağlam kanatların boyutları su demetinin en büyük çapına göre tâyin edilir ve bunların iç kısmı iyice parlatılır. Her kanatın dış kısmındaki boşluk su demetinin her kanada dikey olarak çarpmasına imkân verir.

Kanatlar çark çevresine genel



olarak cıvatalarla bağlanır. Türbine birleştirilen alternatörün frekansı (saniyedeki periyot) ve dönme sayısına bağlı olarak p çift kutup sayısı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$p = \frac{60 \cdot f}{n}$$

Burada: n = dev/dakika olarak dönme hızı, f = frekans ve nihayet p = çift kutup sayısıdır. Bundan:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad \text{çıkartılır.}$$

$f = 50$ periyot/saniye olan bir alternatör:

2 kutuplu ise; $p = 1$ çift olduğundan $n = 3000$ devir/dk

4 kutuplu ise: $p = 2$ çift olduğundan: $n = 1500$ devir/dakika

8 kutuplu ise; $p = 4$ çift olduğundan $n = 750$ devir/dk

Uygulama:

Manometrik düşme yüksekliği $H = 1200$ metre olan bir pelton türbininin debisi $Q = 800$ litre/sn olup 8 kutuplu bir alternatöre akuple edilmiştir. Frekansı 50 olduğuna göre aşağıda sorulanları hesaplayınız:

- Su düşmesinin verebileceği gücü B.B cinsinden bulunuz.
- fiskiye den fışkıran su demetinin çapını bulunuz.
- Türbinin randımanı % 85 olduğuna göre, alternatörün gücünü kw cinsinden bulunuz. Alternatör randımanı % 95 dir.
- En büyük randıman şartını sağlamak üzere, türbin çarkının ilkel çapını hesaplayınız.

Çözülüşü:

- Suyun verebileceği güç:

$$G = \frac{\omega \cdot Q \cdot H}{75} = \frac{1.800 \cdot 1200}{72} = 12800 \text{ B.B}$$

- 4 fiskiyeden su püskürüldüğüne göre, su demetinin çapı aşağıda gösterildiği hesaplanır.

$$\text{Her fiskiyenin debisi: } \frac{Q}{4} = \frac{800}{4} = 200 \text{ litre/saniye}$$

Fiskiye den fışkıran suyun hızı:

$$V = \sqrt{2 g H} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1200} = 154 \text{ metre/saniye}$$

$$Q = V.S \text{ olduğundan ; } 200 = 1540 \frac{3,14 \cdot d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 200}{3,14 \cdot 1540}} = 0,4 \text{ dm} = 4 \text{ cm}$$

c — Alternatörün kw cinsinden gücü :

$$\text{Önce türbinin gücünü hesaplayalım : } \eta = \frac{Gf}{G}$$

$$Gf = 0,85 \cdot 12800 = 10800 \text{ B.B}$$

$$\text{Alternatörün gücü : } G_a = 10800 \cdot 0,95 \cdot 0,736 = 7440 \text{ kw}$$

d — Türbin çarkının ilkel çapı :

En büyük randıman elde etmek için çarkın çevre yahut sürüklenme hızı fıskiye den çıkan su hızının yarısına eşit olmalıdır.

$$V_s = \frac{154}{2} = 77 \text{ metre/saniye}$$

Alternatör 8 kutuplu olduğundan çift kutup sayısı $p=4$ dür. Frekans 50 olduğuna göre dönme hızı aşağıdaki formülle bulunur.

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{4} = 750 \text{ devir dakika}$$

$$V_s = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot D \cdot 750}{60}$$

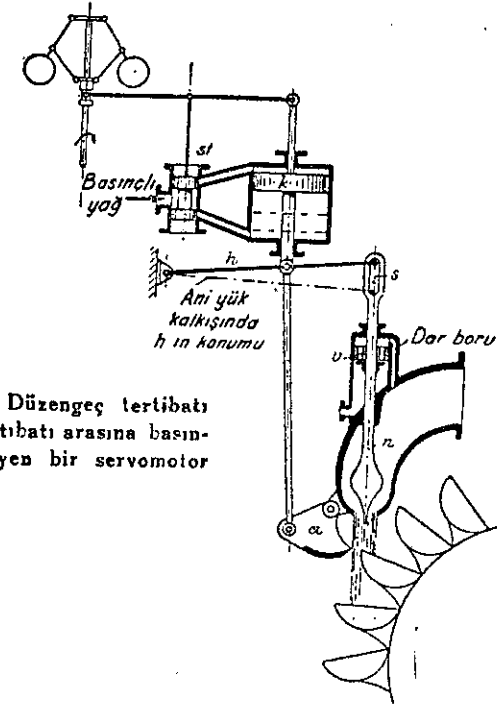
$$D = \frac{60 \cdot V_s}{3,14 \cdot n} = \frac{77 \cdot 60}{3,14 \cdot 750} = 1,96 \text{ metre}$$

Dikkat:

İmalatçılar hızlı türbinleri tercih ederler. Alternatörün fiatı da kutup sayısına göre artar. Bununla beraber türbin çarkının çapı istenildiği kadar azaltılamaz ; kanat boyutlarına tesir eden su demeti çapını ve debiyi göz önünde tutmak gerekir. Kanatların çarka nazaran nisbetsizliği önemlidir, aksi halde verim azalır.

Düzenleme:

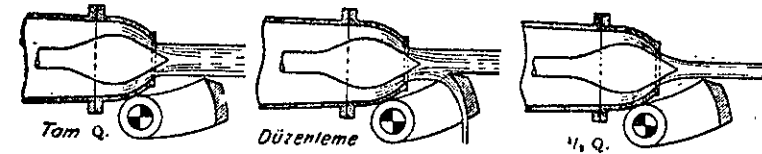
Güç ihtiyacına göre debiyi değiştirmek için fıskiye memesi düzengeç tertibatı ile ileri veya geri hareket ettirilir. Üç esaslı sebepten ötürü vat düzengeci önemli tādillerle su türbinine tatbik edilir.



(Şekil: 113) Düzengeç tertibatı ile vanalama tertibatı arasında basınçlı yağ ile işleyen bir servomotor konur.

1 — Merkezkaç kuvvet; ağırlık, sürtünme dirençleri ve dağıtıcıdaki zıt tesirleri yenmeğe kâfi gelmez. Bu engelleri yenmek için düzengeçle vanalama tertibatı arasında (Şekil: 113) te görüldüğü gibi bir servomotor konur.

2 — Buhar makinelerinde akışkan yoğunluğunun azlığı ve sıkışabilir olması dağıtıcının çabuk açılıp kapanmasına imkân verir. Halbuki suyun sıkıştırılmaz olmasından dolayı hidrolik motorlarda durum farklı olur. Debinin ani değişmesi koç darbelerine sebep olacağından ara yere yavaş kumanda eden bir tertibat konulması gerekir. Fakat motor ambale olmadan suyu süratle kesbilmek için deflektör veya saptırıcı adı verilen bir parça düzengeç tesiriyle fıskıran su demetinin önüne çıkarak silindirik demetin çapını küçültür (Şekil: 114).



(Şekil: 114) Deflektör ile su demeti çapının değiştirilmesi.

3 — Sadece vat düzengeci, değişik yüklerdeki hızı tamamıyla sabit tutamaz. Gerçi her devitgen güce tekabül eden bir dağıtıcı konumu vardır. Fakat dağıtıcıya tesir eden kaldırıcı sistemleri ve eklemler beklenen hassasiyeti temine mâni olur. Motor boşta iken yüklü olduğu haldekinden daha hızlı döner.

Grupların tertiplenmesi:

Düşme yüksekliği büyük, debi ise küçük olduğu takdirde, tek fıskiye ve tek çarklı türbin iyi sonuç verir.

Çok büyük düşme yüksekliğinde ekonomik bir hızı muhafaza edebilmek için (kutup sayısı az olan alternatörlerde daha yüksek hız lazımdır) çarkın çapı ve neticesiyle kanatların boyutları küçültülür. Böyle olunca püskürtülen su demetinin çapı da küçüleceğinden fıskiye sayısını artırmak mecburiyeti hâsıl olur.

Her çark için 3 ten fazla fıskiye kullanılması gerektiği takdirde pelton türbini düşey olarak tertiplenir.

Düşey pelton türbini:

(Şekil: 115) te düşey bir pelton türbini gösterilmiştir. Yatay izdüşümde 90° derece aralıklı konduğu anlaşılan 4 fıskiye vardır; her fıskiyeden sonra debi azalacağı için baştan sona doğru su yollama borusunun çapı azalarak gittiği ve bu sebepten spiral biçimini aldığı görülür.

Bu tertipte dönen kısmı taşıması için düşey yataklama önemli bir yer tutar. Düşey izdüşümde görüldüğü gibi pelton çarkı alt kısımda, aynı mile bağlı alternatör ise üst kısımdadır.

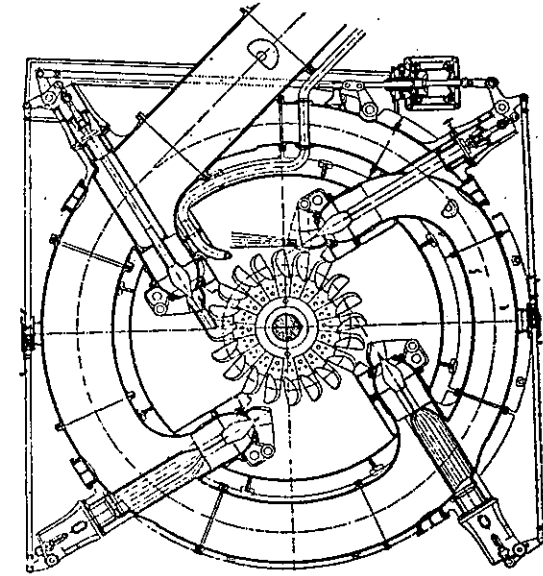
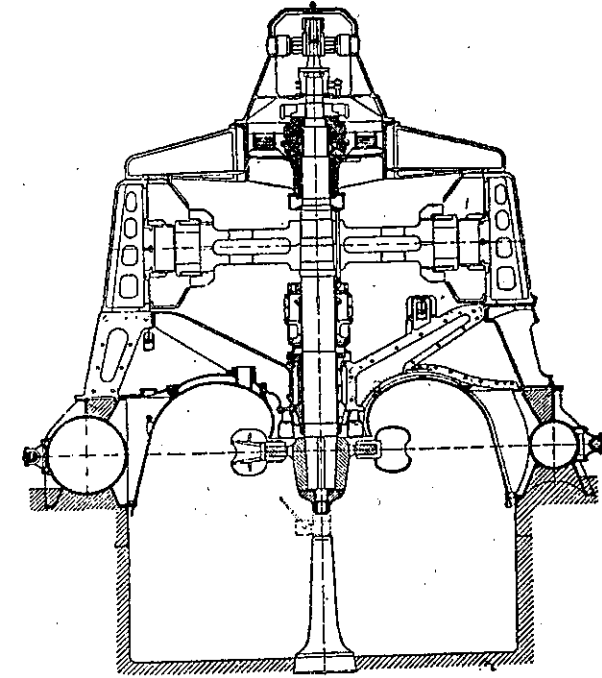
Düşey bir karşı yatak dönen kısımların hepsine desteklik etmektedir.

Francis türbini:

1875 yılında mükemmel hale sokulan Francis türbini daha önce de belirtilmiş olduğu gibi orta yükseklikteki su düşmeleri için kullanılmaktadır.

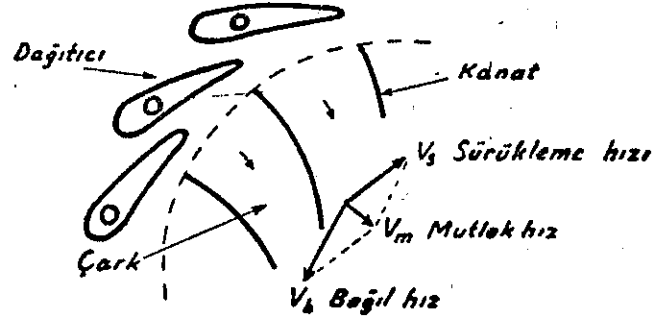
Prensip:

Mecmu püskürmeli diye vasıflandırılan Francis türbinleri büyük debilerden faydalanmağa elverişlidir. Bu türbinlerde suyun cebri boruda kazandığı potansiyel enerjisinin tamamı, pelton türbinlerinde olduğu gibi, dağıtıcıda kinetik enerjiye çevrilmez; hareketli çarka giren suda kalmış bulunan basınç, ilk basıncın aşağı yukarı yarısı kadardır.



(Şekil: 115) Düşey konumda tertiplenmiş dört fıskiye Pelton türbininin düşey ve yatay görünüşleri.

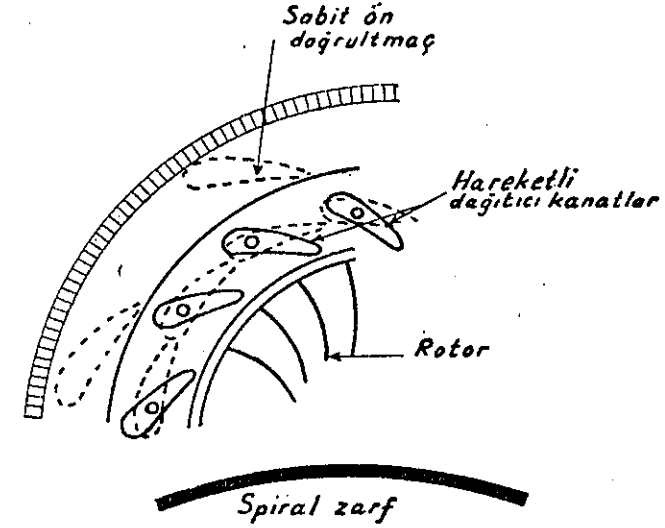
Çark kanatlarının su geçişine ayırdığı kesitler çıkışa doğru azaltılmıştır (Şekil: 116). Böylece çarktaki suyun basınç enerjisi kinetik enerjiye çevrilir ve çark çıkışında bağıl hız en büyük değeri alır; işte bu hızlı çıkış çark üzerinde bir tepkime husule getirerek dönmeye yardım eder. Bu açıklama Francis türbinin tepkili cinsten olduğunu belirtir. Düzengeç istisna edilirse, Francis türbinin başlıca organları aşağıda gösterildiği gibi sıralanır:



(Şekil: 116) Çarkın çıkışında hızlar üçgeninin durumu.

Dağıtıcı:

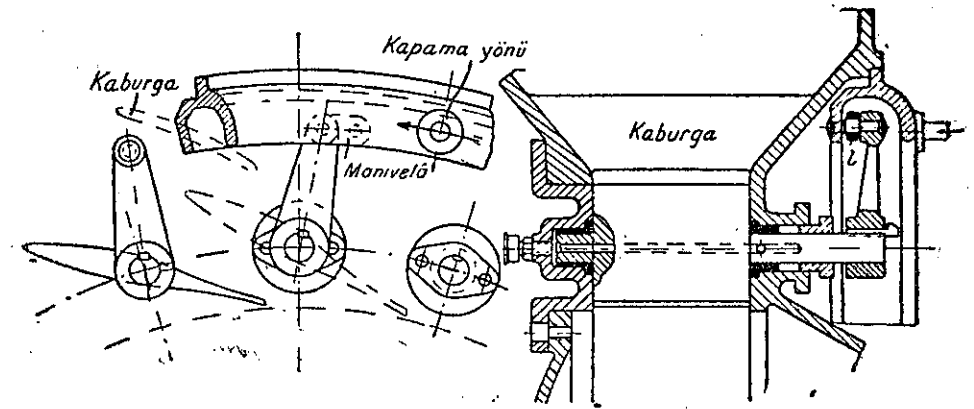
Cebri borunun dip vanasından sonraki kısmı, çark etrafına salyangoz gibi sarılır. Buna spiral zarf denir. Bunun benzerini 4 fiskiyeli pelton türbininde görmüştük. Francis türbininde çapı küçülerek giden spiral, zarfın iç çemberi üzerinde düşey pe'ondaki gibi fiskiyeler için sadece 4 menfez değil, tamamı çepre çevre açık bulunmaktadır. Ancak arayere konan mahdut sayıdaki sağlam bölmeler ön doğrultmaç vazifesi görmek üzere biçimlendirilmiştir. Bunların su akmasına en az direnç gösteren balık biçimindeki kesitleri arasındaki boşluklar yakınsak fiskiye şeklindedir (Şekil: 117). İlk defa su bu kısımda hız kazandıktan sonra dağıtıcılara girer. Böylece basınç enerjisinin bir kısmı ön dağıtıcıda kinetik enerjiye çevrilir. Her biri düşey bir mil etrafında dönebilen esas dağıtıcı kanatları da ön dağıtıcının biçimindedir. Ön dağıtıcıyla çark arasında bulunan bu kanatlar, pancur kafesi gibi dairesel bir perde meydana getirir. Kafes aralıklarının küçüklük ve büyüklüklerine göre, bu kısımlardan geçen suyun debisi değişir. Kendi eksenleri etrafında hareketli olan bu kanatlar birbirine değecek vaziyete getirilirse suyun geçebileceği aralık kalmaz yani debi sıfır olur. Açılış derecesine göre debinin ayarlanabileceği kolayca anlaşılır.



(Şekil: 117). Üstte kesik çizgilerle sabit doğrultmaçlar gösterilmiş. Hareketli dağıtıcıların dolu çizgilerle gösterileni açık vaziyeti, kesik çizgiyle gösterilenler ise kapalı vaziyeti belirtmektedir.

Dağıtıcı kanatların başlıca 3 görevi vardır:

- 1 — Kanatların hepsi aynı zamanda eksenleri etrafında döndürülerek debi ayarı dolayısıyla güç ayarı yapılır.
- 2 — Dağıtıcı kanatlarda basınç enerjisinin yalnız bir kısmı kinetik enerjiye çevrilir. Çünkü suyun geçişine ayrılan kesit çark merkezine doğru azalarak gider.

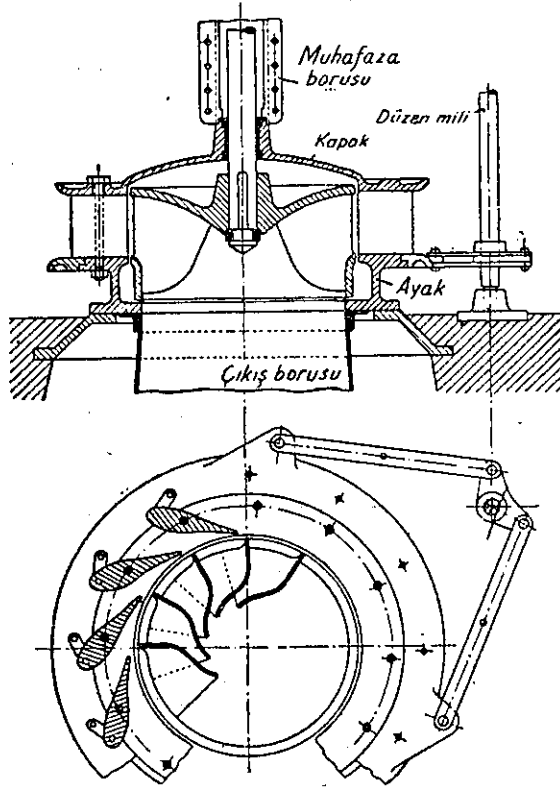


(Şekil: 118) Mıylunun kapaktan çıkan ucuna kaldırıcın bir ucu tesbit edilmiştir. Kaldırıcın öbür ucu vanalama çemberine bağlıdır.

Bu sebeple, su çarka girmeden önce bir kısım potansiyel enerjisini kinetik enerjiye çevirir.

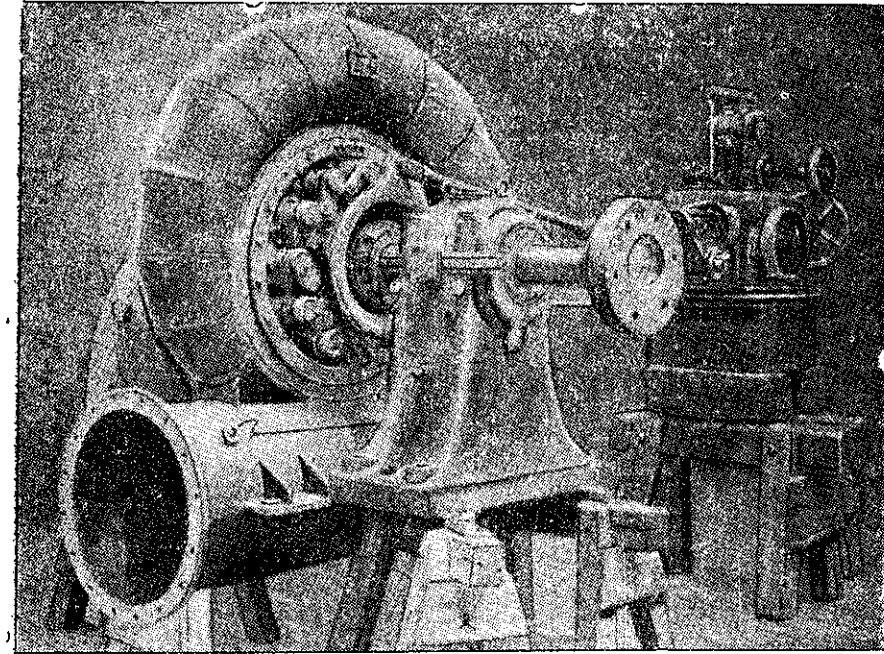
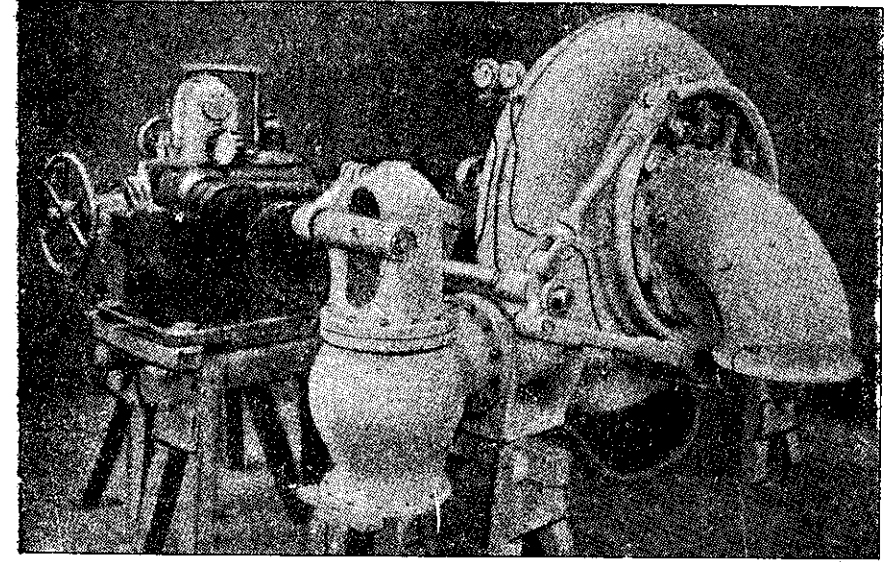
3 — Dağıtıcı kanatları suyu çark kanatlarına yöneltmek şeklinde kavslendirilmiştir.

Dağıtıcı kanatlar, dökme çelikten olup dönmesine yarayan muylularıyla uğradığı önemli su itmelerine karşı koyar. Her kanatta bulunan iki muyludan biri kapuğun dışına çıkarak vanalama çemberi üzerine mafsallanmış bir kaldıraç ucuna tesbit edilmiştir (Şekil: 118). Vandalama çemberi dağıtıcı kapağına karşı konmuş bir halkadan ibarettir. Bu, servo-motor tesiriyle birkaç derece döner.



(Şekil: 119) Regülatör, servo-motor vasıtasıyla güç ihtiyacına göre dağıtıcı kanatları aynı zamanda açıp kapar.

Grubun hızı değiştiği zaman düzengeç basınçlı yağı servo motora o şekilde gönderir ki gücün artması halinde dağıtıcı kanatları açar, eksilmesi halinde ise kapar. (Şekil: 119) da açık odalı bir Francis türbini gösterilmiştir; (Şekil: 120) de ise



(Şekil: 120) Cebri borulu Francis türbininin zarfı Spiral biçimindedir. Üstte Fonton altta ise saçıtan yapılmış spiral zarflar görünmektedir.

cebrî borulu Francis türbinlerinin düzengeç tertibatı ile vanalama çemberine ve dağıtıcı kanatlara ne suretle tesir ettiği görülmektedir.

Bir açık odalı Francis türbininde dağıtıcı kanadlar, çark ve düzenleme tertibatının durumu (Şekil: 119) da açıkça gösterilmiştir.

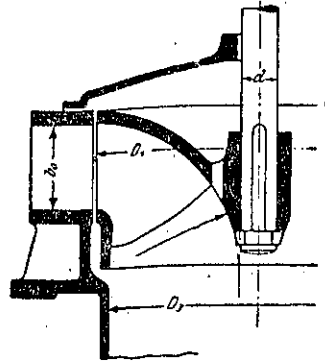
Çark:

Oldukça karışık yapıda olan bu esaslı organda çukurlaştırılmış bölme-ler veya kanatlar vardır. Bunlar genel olarak çarkın mil üzerine tesbitini sağlayan dip ile birlikte dökülmüştür; çıkış tarafındaki kenarları ise bir çemberle nihayet bulmuştur.

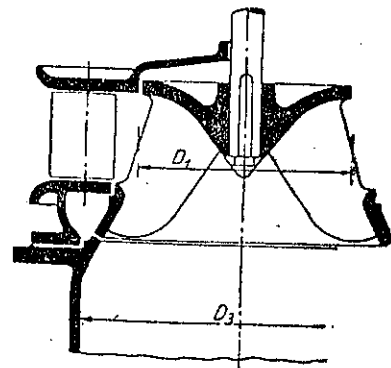
Kanatlar ile sınırlanan kanalların kesitleri girişten çıkışa doğru azalarak gider. Böylece çevreden giren suyun basınç enerjisi kinetik enerjiye çevrile-rek kanatları büyük bir hızla terkeder. Suyun çok küçük olan mutlak hızı, bilindiği gibi bağıl hızla sürüklenme hızının bileşkesine eşittir.

Francis türbinleri daha önce de belirtildiği gibi, yüksek, orta ve alçak hızlı olarak yapılır. Düşme yüksekliği, $H=20$ ila 350 metre arasında değişebilen bu türbinlerde dönme hızına göre rotorlar farklı biçimlerde-dir.

Orta veya normal hızlı rotorların biçimi (Şekil: 121) de görüldüğü gibi giriş ve çıkış kısımları aşağı yukarı aynı çaptadır. Su, rotora radyal olarak girer, aksiyal olarak çıkar. Bunlar da D_1 giriş çapı, çıkış borusunun D_2 çapından biraz daha büyüktür.



(Şekil: 121) Orta hızlı bir Francis Türbininin rotoru

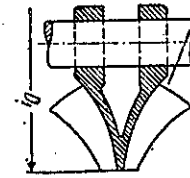


(Şekil: 122) Yüksek hızlı bir Francis Türbininin rotoru.

Orta veya normal hızlı Francis türbinlerinin düşme yüksekliği $H = 150$ ilâ 80 m. Bu değerler Francis için orta düşme yüksekliğini gösterir. Bunların özgül dönme sayı-ları $n_0 = 125$ ilâ 230 arasında değişir.

Yüksek hızlı rotorların biçimi (Şekil: 122) de gösterilmiştir. Suyun radyal doğ-rultudan aksiyal doğrultuya geçişi bu rotorlarda, orta hızlı rotorlardakinden daha fazladır. Bunlarda D_1 giriş çapı, çıkış borusunun D_2 çapından daha küçüktür. Normal devirli türbinde dağıtıcıdan çıkan su, hemen yakınındaki rotor kanatlarına girer. Halbuki yüksek devirli türbinde su, dağıtıcı çıkışı ile rotor girişi arasındaki boşluktan geçerek rotora girer, böylece rotorun kısaltılan kanatlarında sürtünme direnci azalacağından kayıp daha az olur.

Yüksek hızlı Francis türbininin düşme yüksekliği $H = 80$ ilâ 25 metre arasında olup alçak sukutu belirtir. Bunların özgül dönme hızı $n_0 = 230$ ilâ 550 arasında değişir.

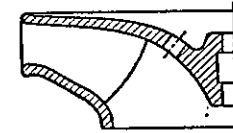


(Şekil: 123) Yüksek hızlı ve çift cepheli bir rotor.

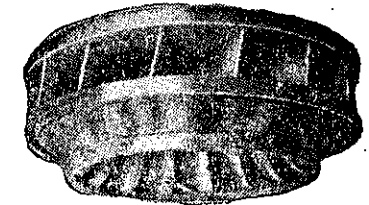


(Şekil: 124) Yüksek hızlı ve çift cepheli rotorun fotoğrafı.

Yüksek devirli Francis türbini rotorlarında, kanatları çıkışta tutan çember büs-bütün kaldırılabilir. (Şekil: 125) te çift cepheli bir rotor gösterilmiş olup girişte ikiye ayrılan su, simetrik iki çıkış borusundan geçerek kaçak kanala gider.



(Şekil: 125) Alçak hızlı türbinin rotoru.



(Şekil: 126) Alçak hızlı türbin rotorunun fotoğrafı.

Şekillerin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi yüksek hızlı rotorların giriş kısmına uyl çap çıkış kısmınınkinden daha küçüktür.

Alçak hızlı türbinlerin rotorları (Şekil: 125 ve 126) da görüldüğü gibi giriş kısmının çapı çıkış kısmından daha büyüktür.

Alçak hızlı Francis türbinlerinde düşme yüksekliği $H = 350$ ilâ 150 metre arasında olup yüksek sukutu belirtir. Bunların özgül dönme hızı $n = 40$ ilâ 125 arasında değişir.

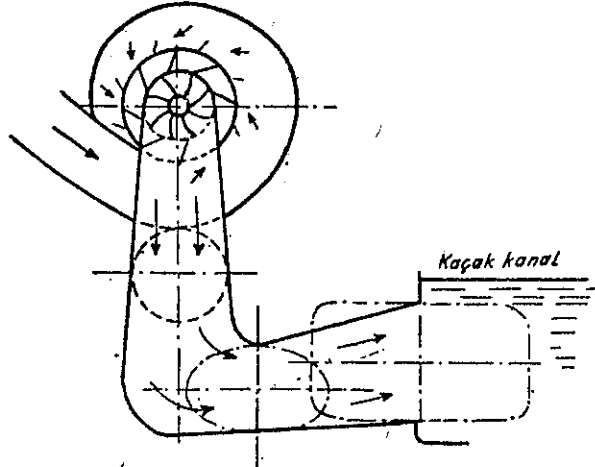
Bu arada pelton türbinleri özgül dönme hızının $n = 10$ ilâ 40 arasında değiştiğini belirtebiliriz. Bir faskiyeden su alan çarkın en yavaş (çok yüksek düşme hızı), iki, üç ve dört faskiyeden su alınların daha hızlı (düşme yüksekliği daha az) döndüğünü haber verelim.

Francis türbinlerinde de yüksek sukutlu olanların, alçak sukutlulardan daha yavaş döndüğü yukardaki açıklamalardan herhalde anlaşılmıştır.

Herde çok alçak su düşmelerine tatbik edilen uskurlu türbinleri göreceğiz. Bunlarda özgül dönme hızı $n = 1650$ ye kadar varabilir.

Çıkış Borusu (Difüzör):

Rotoru terkeden su, iraksak konik bir boru ile kaçak kanala gönderilir. Düşeyde tutulan yeri azaltmak ve bina içersine daha kolayca yerleştirmek amacıyla çıkış borusunun kesiti daire biçiminde başlayarak elips biçiminden sonra dikdörtgenle son bulur (Şekil: 127). Biçimi ne türlü olursa olsun çark çıkışından itibaren çıkış borusunun kesiti belirli bir oranda büyüyerek gider.



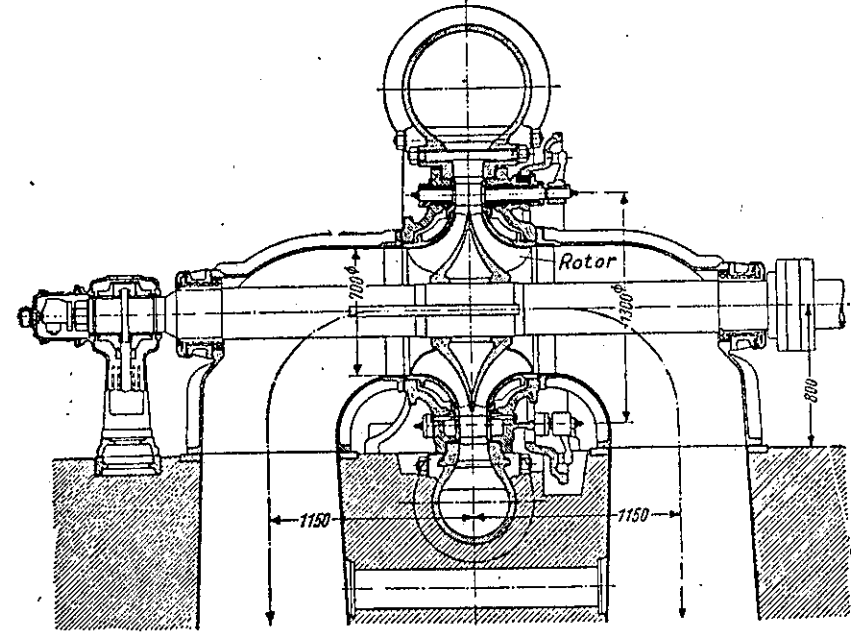
(Şekil: 127) Yatay bir Francis türbininde çıkış borusunun kesitleri daire, elips ve dikdörtgen biçiminde değişerek gitmektedir.

Çarktan çıkan suyun mutlak hızı; $V = \frac{Q}{S}$ formülüyle hesaplanır. Q debisi tür-

binin gücüne göre değiştirilir. Bu hız en çok $4-5$ metre/saniye olup rotorun dönme hızına tesir eden bağıl hızla orantılıdır. Çarktan 5 m/saniye hızla çıkan suda göz yumulamıyacak kadar enerji bulunur. Bu enerjinin önemli bir kısmı difüzör denen çıkış borusu ile toplanabilir. Difüzörün kesiti tedricen arttıkça suyun hızı kaçak kanalda 1 m/sn ye inmek üzere azalarak gider. Böylece hız enerjisinin mühim bir kısmı eksilir. Difüzörde mekaniksel enerji elde edilemeyeceğine göre bu enerji acaba ne olmuştur? Görünürde kaybedilen bu hız enerjisi, basınç enerjisine çevrilmiştir. Kesitin büyümesiyle eksilen hız, basıncın artmasını yarar. Kaçak kanala varan suyun basıncı 1 atmosfere çıkar. Bu açıklamadan çıkış borusundaki basıncın 1 atmosfere düşen olduğu kendiliğinden anlaşılır. Bu kısmi boşluğun çark çıkışında yani hızın en büyük olduğu yerde en fazla olacağı aşıkardır. İşte bu boşluk çarkın çıkışında bir nevi emme vücudu getirerek çarkı terk eden sudaki kinetik enerjiyi türbin gücü için bir kazanç haline getirir.

Çıkış borusunu kurmak iki bakımdan zaruri olmuştur:

- 1 — Kaçak kanala kinetik enerjisinin en büyük kısmını faydalı işe çevirmiş bir su salıvermek. Bu sayede türbinin randımanını artırır.
- 2 — İlk yapılan Francis türbini yatay idi. Aynı düzleme üzerine yerleştirilen alternatörü su taşkınlarından korumak için döşemeyi kaçak kanal seviyesinden bā-



(Şekil: 128) Yatay Francis türbinlerinin simetrik çift çıkış borulu yapılıması kavitasyonu önleme bakımından daha iyi sonuç verir.

riz şekilde yükseltmek icabetmiştir. Bunun için difüzörü rotor çıkışına bir dirsek-le bağlayarak uzun bir düzey borudan faydalanmak suretiyle kaçak kanala birleştir-mek zorunda kalmıştır. Bu hal kavitasyon olayına sebep olduğundan daha rasyo-nel bir sistem olan çift çıkış borulu Francis türbini kullanılır (Şekil: 128).

Çıkış borusunun randımanı:

Denemeler çıkış borusundan geçen sudaki hız enerjisinin % 90 nını toplamanın mümkün olduğunu göstermiştir. Genel olarak alçak ve normal hızlı Francis türbinlerinde rotoru terkeden sudaki kinetik enerji, H düşme yüksekliğinin % 3 ilâ % 8 i arasında değişmektedir.

Yüksek devirli türbinlerde H düşme yüksekliği az olduğundan rotoru terkeden 1 kg suyun $\frac{V^2}{2g}$ kinetik enerjisi tam debide H yüksekliğinin % 10 ilâ % 15 ine çıkar. Usurlu türbinlerde bu değer daha da artırılır % 25 H ya çıkarılır. Bu takdirde çıkış borusu girişten çıkışa doğru daha fazla genişleyerek kaçak kanala birleşir.

Bugün yapılan denemeler kavitasyon olayı dolayısıyla suyun kaynaması ve ke-silme korkusu olmaması için uygun uzunlukta çıkış borusu kesiti başlangıçtan itibaren nihayet 8 katına çıkmak üzere genişleyerek gider.

Kavitasyon:

Yatay Francis türbini kullananlar, difüzör içersinde ve dirsek hizasında çekiç darbelerini andıran kuru seslere alışmışlardır. Bu hal, bilhassa grubun gücü düştüğü zaman görünür.

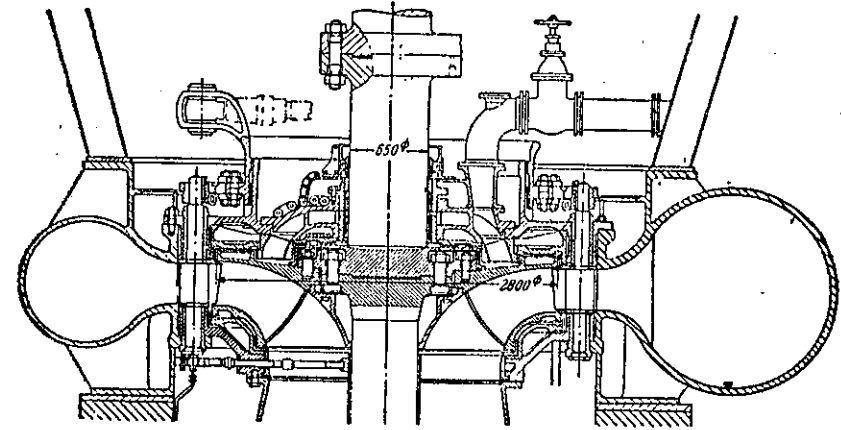
Çark çıkışındaki kısmi boşluk, kavitasyon denen tahripkâr olayın sebebini teşkil eder. Boşluğun en fazla bulunduğu yere gelen su, buharlaşır ve bu kısımlarda çukur-luk mânasına gelen kavite meydana getirir. Fakat bu çukurluklar hacimlerinin bü-yümesiyle artan su basıncından dolayı ezilerek kaybolur. İşte bu esnada birbiriyle şiddetle temasa gelen çukurluk çeperleri vuruntular yapar. Tekrarlanan bu vuruntular kanad çeperlerinde ve difüzör girişinde mevzilesir. Bilhassa çıkıntı-teşkil eden kısımlar kavite dediğimiz boşlukların çoğulmasına sebep olarak bunların kararsız bir hal almasına ve vuruntuların doğmasına yol açar. Belirli bir zaman vuruntular tesirinde kalan çeperler incelendiğinde buraların delik deşik bir hal aldı-ğı görülür. Bu, yeni kavitasyonlara yol açan çıkıntılar teşkil ederek durumu daha da ağırlaştırır.

Yatay grupların kaçak kanala nazaran daha yüksekte olması kavitasyona karşı hasssiyeti artırır. 10 metreye yakın yükseklik tam boşluğu gösterdiğinde türbinler kaçak kanaldan 4-5 metre yükseğe konur ve çift çıkış borusu ile techiz edilir. Bu

tedbirler sayesinde türbin normal debiyle çalıştığı müddetçe kavitasyon görülmez. Fakat debi azaldığı zaman diffüzörün yeteri kadar su ile dolmaması yahut kaçak kanal seviyesinin düşmesi kavitasyonun yeniden doğmasına sebep olur. Bu olay vananın kısmi veya tam olarak kapatılmasıyla daha şiddetli olarak kendini gösterir. Çünkü bozalmakta olan suyun yeri aynı nispetle doldurulamayacağından boşluk en büyük değerini alır. Bu hallerin önlenmesi için çare, difüzör üst dirseği üzerine munzam hava girmesini sağlayacak yaylı bir supap koymaktır. İçerideki basınç belli bir sınırı altına düşünce dış hava basıncıyla supap kendiliğinden açılarak tehlikeli durum ortadan kalkar.

Grupların tertiplenmesi:

Yatay Francis grupları daha ziyade küçük güçler için kullanılmaktadır. Modern gruplar genel olarak düzey tertiplenir. Bu sayede alternatör yükseğe konarak, ya-tay Francis'teki gibi türbini yükselterek su baskınlarını önlemek meselesi bahis ko-nusu olmaz. (Şekil: 129) da 75000 B . B lik düzey bir Francis türbinin şeması gös-terilmiştir.



(Şekil 129) Düşme yüksekliği H = 260 metre olan 75000 B. B lik Francis türbinin şeması.

Bizim Seyhan Hidroelektrik santralımızın türbini düzey Francis tipinde olup düşme yüksekliği H = 32 metre, debisi Q = 77 m³/sn ve randımanı % 92 dir. 125 devir/dakika hızla çalışan türbinin gücü 28 900 B . B dir.

Uskur türbinleri:

Çok alçak su düşmelerinde Francis türbinlerinin yerini uskur türbinleri alır. 1925 yılından beri yapılmakta olan bu türbinler, genel olarak düşey konumda tertiplenir.

Alçak su düşmesi için Francis türbininin uğradığı değişiklik:

Klasik bir Francis türbinin çevre hızı, düşme yüksekliğinin bir fonksiyonudur. Bunun devir/dakika olarak açısal dönme hızı aşağıdaki gibi hesaplanır.

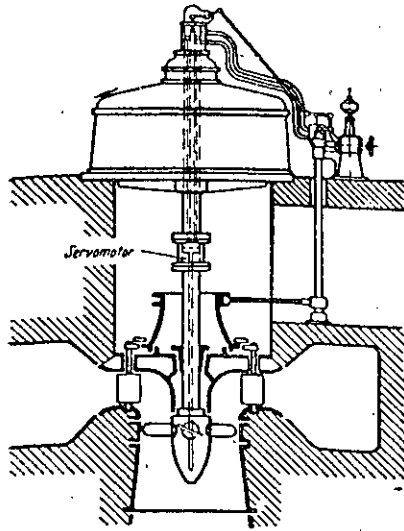
$$n = \frac{\text{Dakikada metre olarak çevre hızı}}{\text{Çember uzunluğu metre olarak}}$$

Alçak su düşmesiyle kutup sayısı mahdut yani ucuz bir alternatöre imkân veren büyük açısal hız elde edebilmek için, küçük çaplı türbin kullanılması lâzımdır. Bu ise ister istemez debiyi de azaltır. Oysaki alçak su düşmelerinin debileri ekseriya büyüktür. Şuhalde bu debiden faydalanabilmek için güçleri az olan birçok gruplardan faydalanmaktan başka çare kalmaz. Bu takdirde alternatör sayıları da çoğalacağından bir yandan maliyet yükselirken öbür yandan da randıman düşer. Bu sebepten dolayı hızı artırmak için debinin bölünmesinden gayri bir çare aramak icap etmiştir. Bu da

rotoru kanat sayısı mahdut hakiki bir uskur biçimine sokmakla mümkün olmuştur. Uskur kenatları sabit olduğu gibi lüzumuna göre yöneltilebilmek üzere hareketli de yapılır. Bu sonucu şekle göre yapılan türbinlere Kaplan türbini denir. Bu sayede türbinin değişik yüklerinde dağıtıcılarla uskur kanatlarına aynı zamanda uygun konum verilerek en yüksek randıman elde edilir.

Dağıtıcı:

Salyangoz biçimli zarf, doğrultmaçlar ve dağıtıcı kanatlar Francis türbinindeki benzeri organlar gibidir. Dağıtıcı kanatların sayısı uskurlu türbinlerde daha azdır (Şekil: 130).

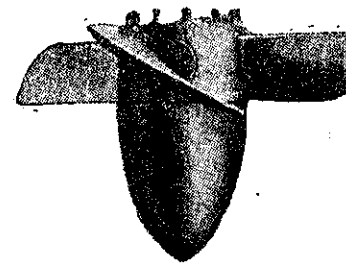


(Şekil: 130) Uskur tipi türbinin şeması.

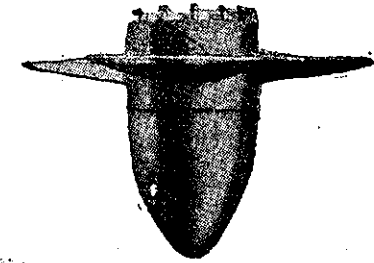
Su daha ziyade çark girişinde halka biçimli daralmış kesitte hız kazanır. Çok alçak su düşmelerinde spiral zarf betondan yapılır.

Çark:

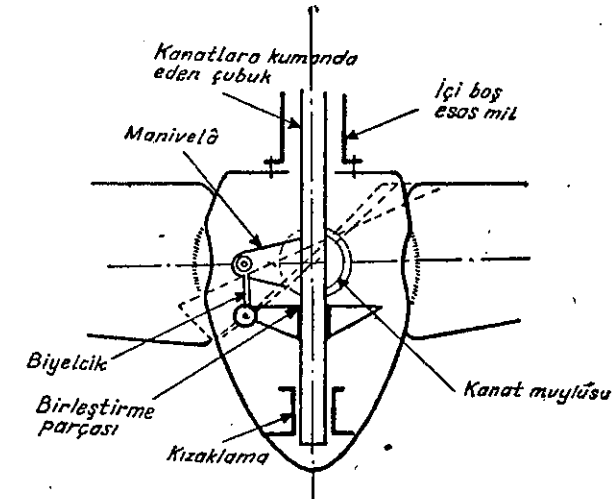
Milin alt ve serbest ucuna tesbit edilmiş bir pervaneden ibarettir. Buradan geçen suyun yörüngesi eksene paralel yani aksiyaldır. Uskur kanatları hafif çnkurlatılmış ve mükemmel şekilde parlatılmıştır. Suyun çok hızlı akışına karşı uskur gayet az direnç gösterir. Kanatlar genel olarak paslanmaz çelikten yapılır. Bu kanatlar yatay eksenleri etrafında 30 derece kadar döndürülebilir. (Şekil: 131) de uskur kanatları açık konumda Şekil: 132) de ise, kanatlar 30° döndükten sonra kapalı konumda gösterilmiştir.



(Şekil: 131)

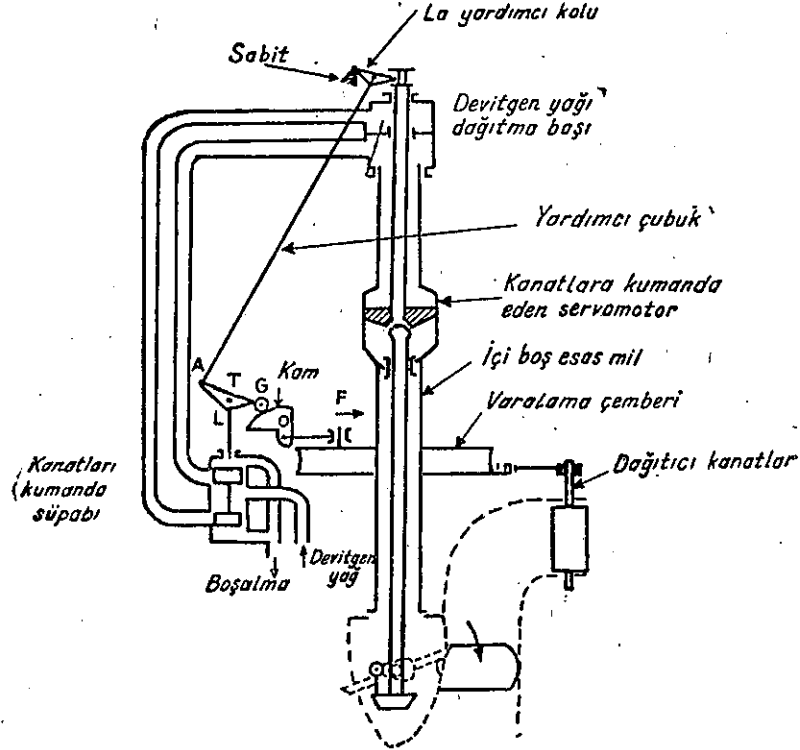


(Şekil: 132)



(Şekil: 133, Kaplan çarkının göbeğinde kanatların döndürülmesini sağlayan tertibatın şeması.

Kanatları taşıyan göbeğin mevcudiyeti kaynaşma merkezinde vukubulacak kavitasyon olayını önler. Göbek üzerinde her kanat için kendi muylusuna kamalanmış bir manivelâ vardır. Bu, kanatlara kumanda eden düşey çubuk üzerindeki müşterek birleştirme parçasına bir biyelcikle bağlanmıştır (Şekil: 133). Düşey kumanda çubuğu içi boş esas milin içersine yerleştirilmiştir. Bu çubuk çarkın birkaç metre yükseğinde bir pistonu taşır. Kanatlara kumanda eden servomotoru teşkil eden bu piston, esas milin daha şişkin bırakılan boşluğu içersinde kayar (Şekil: 134). Kanatlara kuman-



(Şekil: 134) Kanatlara tesir eden mekanizmanın şeması.

da supapından gelen devitgen yağ, esas milden çıkan aynı merkezli iki borudan geçer. Bu kısma, devitgen yağın dağıtma başı denir. Kanatlara kumanda supapında denkleştirilmiş bir nevi çekmece tertibatı vardır. Basıncı yağ bu çekmecenin ortasına gelir, buradan da servomotora dağılır. Vanalama çemberinin her hareketi eşlenik kam aracılığıyla çark kanatlarının konumuna tesir eder.

Türbin hızının arttığını kabul ederek düzengecin (vanalama çemberinin F ok yönünde hareketi) dağıtıcı kanatlarını kapattığını kabul edelim. Kam inerek çekmece-

ye bağlı L kolunun G makarası iner. Kanatlara kumanda eden çubuk faaliyete geçinceye kadar A mafsıl noktası muvakkaten sabit kalır. Bunun sonucu olarak T noktası (çekmeceye bağlı kolun ortası) ve dolayısıyla çekmece iner. Bu esnada devitgen yağ dağıtma başının üst kısmına yollar ve kumanda çubuğunun iç kısmından geçerek, servomotor pistonunun alt kısmına tesir eder. Yükselmeye başlayan bu piston uskur kanatlarını F kapanma yönüne sürükler. Bu esnada pistonun üst kısmındaki yağ kanatlara kumanda supapıyla boşaltılır. Uskur kanatlarının kumanda çubuğu kalkarken, üst kısmıyla, La yardımcı kolunu sürükler. Sabit nokta etrafında dönen bu kol çekmecenin L lövyesine A ucundan yardımcı bir çubuk ile tesir eder. İlk kumanda esnasında inen çekmece bu defa yukarı kalkar. Çekmece ortalama konumuna yani dağıtma menfezlerini kapatan yere gelinceye kadar bu kalkış devam eder.

Türbin hızı azaldığı takdirde düzengeç dağıtıcı kanatlarını açar; bu defa yukarıda açıklanan kumanda hareketleri ters yönde olmak üzere aynen vukubulur.

Dağıtıcı kanatlarıyla uskur kanatlarının aynı zamanda ayarlanması Kaplan türbinlerini, Francis türbinine nazaran üstün vaziyete sokar, şöyleki: düşük yüklerde randımanı son derece artırır.

Difüzör:

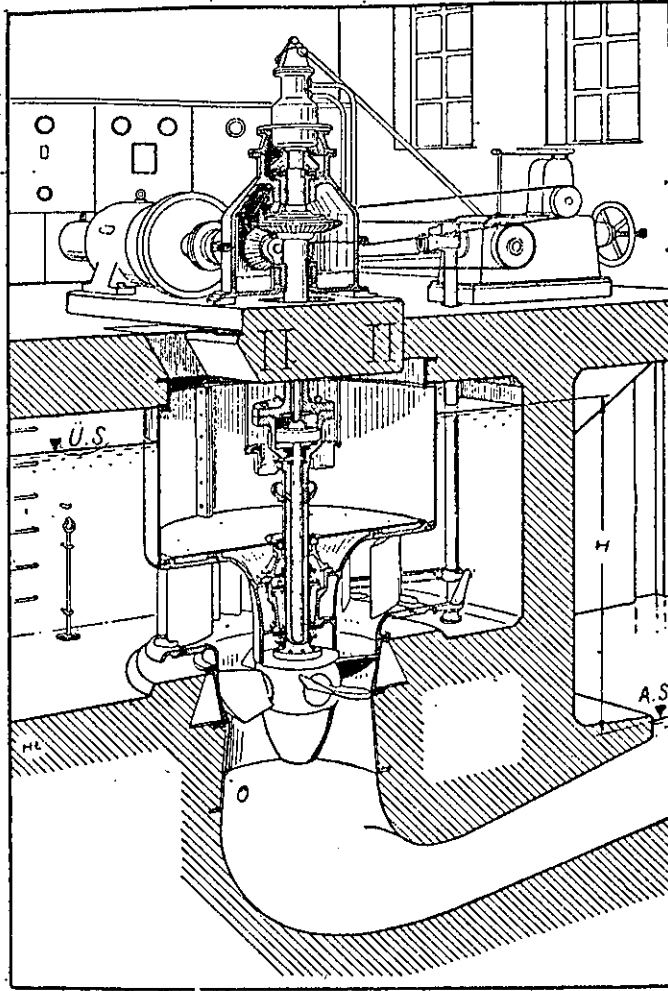
Kaplan grupları hemen daima düşey konumda olduklarından, çark kaçak kanal seviyesine konabilir, böylece bir kaç metre daha yükseğe konan alternatör için, su altında kalmak tehlikesi kalmaz.

Umumi tertip düşey Francis türbinlerindeki şekliyle muhafaza edilir: çarkı terk eden su, dirsekli bir çıkış borusu ile kaçak kanala yollar (Şekil: 135). Bu tertibatın buradaki görevi Francis tesislerindeki daha önemlidir. Çünkü nisbeten su düşmesi yüksek olan Francis türbinlerinde çarkı terkeden sudaki kinetik enerji bu yüksekliğin % 4 ilâ % 6 sı kadar olduğu halde, alçak su düşmeli olan kaplan türbinlerinde bu kinetik enerji mecmu enerjinin % 20 ilâ % 40 ına kadar çıkar.

Türbinlerin randımanı:

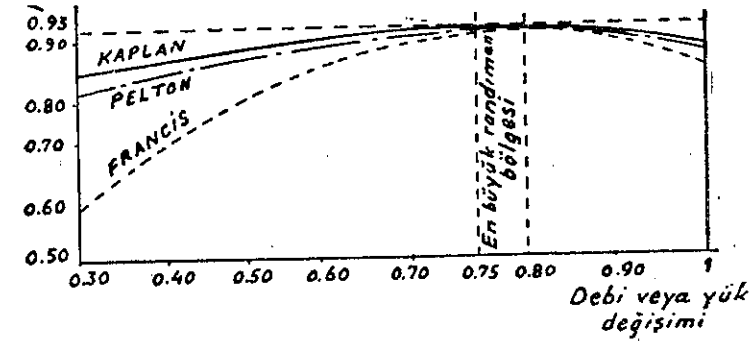
Kısaca esaslarını tanıttığımız modern 3 türbinin 3/4 ve 8/10 yüklerinde çalıştırıldığı düşünülürse bunların randımanları %90 ilâ %93 arasında değişir ve birbirile kıyaslanabilir.

Eğer her türbinin debiye (yahut yüke) bağlı olarak randıman değişmelerini gösteren bir grafik çizerek (Şekil: 136) daki eğrileri elde ederiz. Bunlara göre düşük güçlerde Francis türbinlerinin randımanı Pelton türbinlerinkinden daha düşüktür. Kaplan türbininin randımanı ise hemen bütün güçlerde mükemmel denebilecek haldedir.



(Şekil: 135) Küçük bir Kaplan türbini tesisinde alternatöre konik çarklarla hareketin iletilmesi ve düzenleme tertibatıyla dağıtıcı ve uskur kanatlarının ayarı.

Büyük güçlerde Francis türbinlerinin verimi uskur türbinlerinkine yaklaştığı halde düşük güçlerde onunkinin çok altına inmektedir. Bu hal, düşük debilerde çark kanallarıyla difüzörün iyice dolmamasından ve kavitasyonun teşvik etmesindendir.



(Şekil: 136) Muhtelif güçlerde üç modern türbinin randıman değişimini gösteren eğriler.

Kayıpların kıyaslanması:

Francis ve Kaplan türbinlerinin kayıpları birbiriyle mukayese edilebilir. Uygun işleyiş rejiminde (%70 ile %80 yük) kayıplar aşağıdaki kısımlarda eşit olarak dağılır:

- Difüzör çıkışında suda kalan kinetik enerji.
- Dağıtıcı ve çark kanatlarına suyun sürtünmesi.
- Hareketli ve sabit kısım arasındaki ek yerindeki kaçaklar.
- Yataklardaki mekaniksel sürtünmeler.

Pelton türbininin en büyük randımanı diğerlerinkinden biraz daha azdır. Bu, çarkı terk eden suda kalan kinetik enerjinin çokluğundandır. Bundan başka fıskiyelelerden püs'ürülen su demeti kanatlara şiddetlice çarpar. Fakat bu mahzurlarına karşılık etkili olması sebebiyle kaçak dolaysile kayıp bahis konusu olmaz.

Hidrolik türbinler, ısı motorlarına nazaran çok üstün ve mükemmel bir randımana sahiptir. Bilindiği gibi buharlı türbo-alternatör gruplarında buharı bulunan potansiyel veya ısı enerjisinin mekaniksel enerjiye dönüşen miktarı ancak %40 civarındadır.

Alıştırmalar :

1 — Düşme yüksekliği $H=50$ metre, temin edeceği güç $G=4000$ B.B ve dönme hızı $n=600$ dev/dk olan bir hidrolik tesis için hangi tip türbin seçileceğini, abaktan faydalanarak tesbit ediniz.

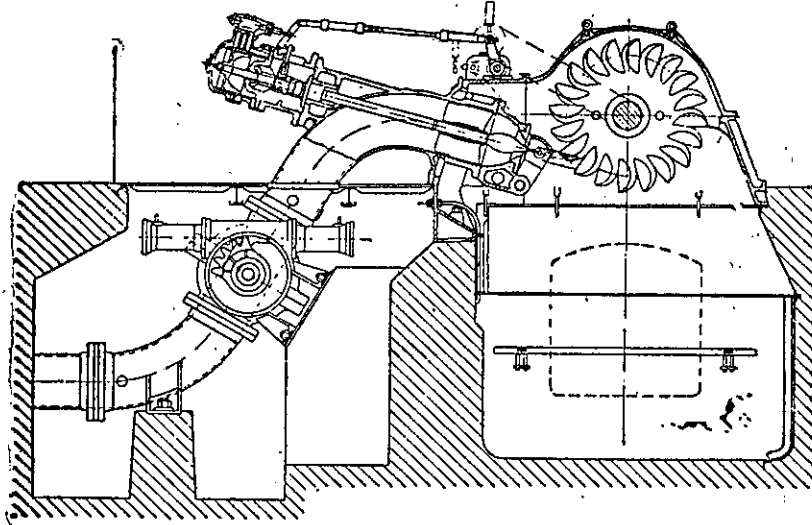
2 — Monometrik düşme yüksekliği $H=1000$ metre olan bir Pelton Türbininin debisi $Q=0,9$ m³/sn. olup 4 kutuplu bir alternatöre akuple edilmiştir. Frekans 50 periyot/sn olduğuna göre aşağıda sorulanları hesaplayınız.

- a — Su düşmesinin verebileceği güç B.B. cinsinden nekadardır?
- b — Üç fıskiyeden fıskıran her su demetinin çapı nedir?

- c — Türbinin randımanı %90 olduğuna göre, %95 randımanlı alternatörün gücü kaç kw. olur?
- d — En büyük randıman şartını elde edebilmek için çarkın ilkel çapı ne olmalıdır?
- e — Düzengeç tertibatıyla fısıkyelerden püskürülen su demetlerinin çapı yarıya inerse, bu esnada türbinin vereceği güç kaç B.B. olur?

Sorular :

- 1 — Modern su türbinleri kaç çeşittir? Bunları su düşmelerinin yüksekliklerine göre açıkladıktan sonra her birinin esaslı organlarını, görevlerini belirtmek suretile tanıtır.
- 2 — Uygun türbin tipi nasıl seçilir? Özgül dönme sayısını tarif ederek buna ait abakden türbin tipinin tayini için nasıl faydalanılacağını anlatınız.
- 3 — Pelton, Francis ve Uskur türbinlerinin suyun rotardaki tesiri, takip ettiği yörünge ve dağıtımın şekli bakımından bir tasnife tâbi tutarak her birinin sebeplerini de açıklayınız.
- 4 — Pelton türbiniyle techiz olunmuş bir hidrolik tesiste nelerin bulunacağını ve her birinin görevini barajdan kaçak kanala kadar sırasıyla izah ediniz.
(Şekil: 137) de uzunlamasına kesiti verilen türbin tesisinin belli başlı organlarını ve her birinin neye yaradığını tanıtmaya gayret ediniz.



(Şekil: 137) Bir türbin tesisinin uzunlamasına kesitini gösteren şema.

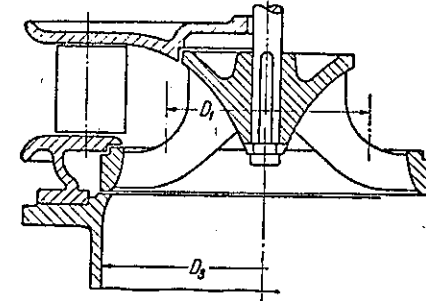
- 5 — Türbin alternatörle doğrudan doğruya okuple edildiğine göre, kutup sayısı, frekans ve dönme hızıyla olan bağıntıyı göz önünde tutarak ucuzluk bakımından bir netice çıkarmaya çalışınız. Kutup sayısı az olan alternatörler daha ucuzdur.

- 6 — Pelton türbininin düzenlenmesi için faydalanan tertibatın nasıl işlediğini kitapta verilen şemalar yardımıyla açıklayınız.

- 7 — Francis türbininin esaslı kısımlarını ve bunların görevlerini açıklayınız. Açık odalı bir Francis türbini ile cebri borulu olanın farklarını kitaptaki şekillerden faydalanarak tanıtır.

- 8 — Bir Francis türbininde, değişen yüklere göre; güç ayarlamasını yapan düzengeç tertibatını ve servo-motoru kitaptaki şekillerden faydalanarak tanıtır.

- 9 — Francis türbinine ait rotorların, hızlarına göre biçimleri ne türlü özellikler gösterir. (Şekil: 138) de gösterilen çark bir Francis türbinin rotoruna ait olduğuna göre, giriş çapı, D_1 ve çıkış çapı D_2 ü kıyaslayarak rotorun hızı bakımından bir hükme varınız.



(Şekil: 138) Bir Francis türbininin rotoru.

- 10 — Çıkış borusunun ehemmiyeti ve randıman hakkında bilgi veriniz. Kavitasyon olayı neye denir? Önlenmesi için düşünülmüş çareler nelerdir?

- 11 — Uskur türbini hangi sebeplerden doğmuştur? Alternatör ucuzluğunu temin edecek esastan giderek Francis türbinlerinin ugratıldığı değişikliklerin sebeplerini açıklayınız.

- 12 — Uskur türbininin saslı kısımlarını (Dağıtıcı ve rotor) ve görevlerini kitaptaki şekillerden faydalanarak açıklayınız.

- 13 — Kaplan çarkının göbeği üzerinde kanatların nasıl döndürüldüğünü ve yük değişmelerine rağmen hızı sabit tutan düzengecin nasıl işlediğini kitaptaki şekiller yardımıyla açıklayınız.

- 14 — Uskur türbinlerinde difüzörün rolünü belirterek bunun Francis türbinlerinden çok daha önemli olmasının sebebini anlatınız.

- 15 — (Şekil: 135) deki şemadan faydalanarak Kaplan türbininin muhtelif kısımlarını ve işleyişini açıklayınız.

- 16 — Pelton, Francis ve uskur türbinlerinin randımanını ve buna tesir eden sebepleri (Şekil: 136) daki diyagramlardan da faydalanarak açıklayınız ve aralarında bir mukayese yapınız.

İNDEKS

A

Abaklar 33, 39
Açık odalı Francis Türbini 97
Açık rotorlar 69, 71
Akışkan hızının ölçülmesi 19, 20, 21
Alçak hızlı Francis rotoru 113, 114
Alçak su düşmesi 96
Alistirmalar 13, 14, 38, 40, 65, 66, 85, 95, 123
Altı-kademeli santrifüj tulumba 82, 83
Alt seviye 90, 112
Ani debi 51, 52, 53, 54
Arşimet Prensibi 10, 11, 12

B

Bağıl hız 72, 73, 108
Basınç 1, 2, 3
Basma borusu 32, 33, 34, 35, 36
Basit etkili emme tulumba 41, 42
Basit etkili tulumbalar 50, 51, 53
Behrens tulumbası 60
Bernouilli teoremi 16, 17, 18
Broquet tulumbası 58

C

Cebri boru 90, 91, 92, 93, 94
Cebri boru ile meydana getirilen tesis 90, 91

Ç

Çeşitli difüzör kesitleri 71, 72
Çift emmeli santrifüj tulumba 79
Çift etkili tulumba 44, 45, 52, 53
Çiftli bir tulumba 55, 56
Çift tesirli paletli tulumba 61, 62
Çıkış borusu 110, 112, 114, 115
Çok hücreli tulumbalar 81, 82, 83, 84
Çöktürme cebi 89

D

Dağıtıcı 101, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 118
Daralma katsayısı 22, 23, 24, 25
Darcy formülü 30
Debinin düzgünleştirilmesi 50, 51, 52, 53, 54,
Debinin hesaplanması 21, 22, 23, 24, 25
Deflektörler 105, 106
Deneme ile santrifüj tulumbanın özelliklerini belirtmek 75, 76, 77

Denizaltı gemisi 12, 13
Diferansiyel tulumba 45, 46
Difüzörler 67, 70, 71, 72, 114, 115, 121
Dişli çarklı tulumbalar 57, 58, 59
Dip vanası 24
Dirsekler 37
Dış oluk 22, 23
Döner paletli tulumbalar 62, 63, 64
Dört tesirli paletli tulumba 61, 62
Düşey Francis türbini 117
Düşey Pelton türbini 106, 107
Düzenleme 104, 105, 109, 110, 111, 119, 120

E

Eğik vana 23, 24
Eksenel itme 80
Emme - Basma tulumba 44, 45, 46
Emme yüksekliği 42, 43
Endüstri tulumbaları 44, 45

F

Fiskiyeler 100, 101, 102, 107
Flamant formülü 30, 31, 32, 33, 34
Frekans, kutup sayısı ve dönme hızı arasındaki bağıntı 102, 103, 104

G

Geometrik yükseklik 90, 91, 92
Grandi tulumbası 60, 61
Grupların tertiplenmesi 106, 117
Gücün hesaplanması 46, 47, 49, 92, 93, 103, 104

H

Hacimsel randıman 47
Hacimsel tulumbalar 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47,
Hareketli dağıtıcı kanatlar 109, 110, 111, 112
Hava hazneleri 54, 55
Heliko - Santrifüj tulumbalar 68, 69
Helisel tulumbalar 69, 70, 72
Hidrodinamik 16, 17, 18, 19, ...
Hidrolik akümülatörler 6
Hidrolik asansör 7, 14
Hidrolik presler 5, 6, 7

İ

İki kademeli santrifüj tulumba 82, 83
İki yanaklı tulumba gövdesi 83, 84
İnce çeper 22, 25

K

Kaçak kanal 89, 90, 91, 97, 98, 114, 124
 Kapalı rotor 69, 71
 Kayış hesabı 48, 49, 50
 Kap dibine gelen kuvvet 1, 2, 3
 Kaplan türbini 118, 119, 122
 Kaviteasyon 80, 81, 116, 117
 Kutup sayısı frekans ve dönme hızı arasında bağıntı 10 3,104

M

Makaralı döner tulumba 63, 64
 Maksimum debi 51, 52, 53, 54
 Manometrik yükseklik 34, 35, 91, 92
 Mutlak hız 72, 73, 108

N

Nehir üzerinde tesis 87, 88

O

Oluklar 22, 23
 Orta hızlı Francis rotoru 112
 Ortalama debi 47, 52, 53, 54
 Ortalama hız 47
 Orta su düşmesi 97, 98

Ö

Özgöl ağırlık 2, 3, 17, 18
 Özgöl dönme hızı 39, 78, 79, 98, 99

P

Paskal prensibi 5, 6, 7
 Pelton türbinleri 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 124
 Pstonlu amortisör 55
 Pstonlu tulumbalar 41, 42, 43, 44, 45
 Pitot aygıtıyla hızın ölçülmesi 19, 20

R

Randıman 46, 47, 77, 81, 121, 122
 Root tulumbası 58, 59
 Rotorlar 68, 69, 70, 71, 72, 83, 112, 113, 125
 Rumsey tulumbası 58

S

Sabit doğrultmaç 109
 Salmastra 67
 Santrifüj tulumbalar 67, 68, 70, 71, 79, 80
 Savaklar 24, 25
 Servo-motorlar 104, 105, 110,
 Set 87, 88, 89

Sevk kanalının debisini bulmak 25, 26, 27, 37, 38
 Sevk kanaliyle meydana gelen tesisler 88, 89, 90
 Sorular 13, 37, 64, 84, 94, 124, 125
 Spiral biçimli zarf 111, 114, 115
 Su cenderesi 5, 8, 9
 Su değirmeniyle hızın ölçülmesi 26, 27
 Su düşmesinin düzenlenmesi 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94
 Su kesimi 89
 Su türbinleri 96, 97, 98, ... 125
 Sürükleme hızı 72, 73, 108

Ş

Şamandıralı su göstergesi 12

T

Teğetsel kuvvet 49
 Tekli tulumba 55, 56
 Tek emmeli santrifüj tulumba 79
 Tulumbalar 41, 42, 43, 44, ... 65
 Tulumbalarda güç hesabı 46, 47
 Türbinli tulumbalar 67, 68, 69, ... 85

U

Uskurlar 119, 120
 Uskur türbinleri 98, 118, 119, 120, 121, 122
 Uskur türbininde difüzörün rolü 121
 Uygulamalar 12, 13

Ü

Üreteç 98, 107, 118, 122
 Üst seviye 90, 122

V

Vanalar 3, 4, 14, 23, 24, 93
 Vanalama çemberi 109, 110
 Venturi sayacı 20, 21, 22

Y

Yakınsak oluk 23
 Yanal çeperlere gelen kuvvet 3, 4, 14
 Yarı döner paletli tulumbalar 61, 62
 Yatay Francis türbini 111, 114, 115
 Yöneltilici kanatlar 72
 Yük düzlemi 28
 Yük kaybı 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36,
 Yükleme haznesi 89, 90, 91, 92
 Yüksek su düşmesi 96, 97
 Yüzen cisimler 10, 11, 12