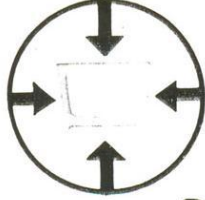


Varol, A.: "Enjektör Pompa Boyutlarının Bilgisayarla Tespiti", 2. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, 28-30 Nisan 1986, Bildiri Kitabı, C: 2. S: 367-381, İzmir



2. ULUSAL BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM SEMPOZYUMU

BİLDİRİ KİTABI

Cilt-2

İzmir, 28-30 Nisan 1986
ATATÜRK KÜLTÜR MERKEZİ

Editör
Doç. Dr. Beno KURYEL

EGE ÜNİVERSİTESİ
Mühendislik Fakültesi

4.3. ENJEKTÖR POMPA BOYUTLARININ BİLGİSAYARLA TESPİTİ

Y.Doç. Dr. Asaf Varol
Fırat Üniversitesi
Teknik Eğitim Fakültesi
Makina Eğitimi Bölüm Başkanı

ÖZET

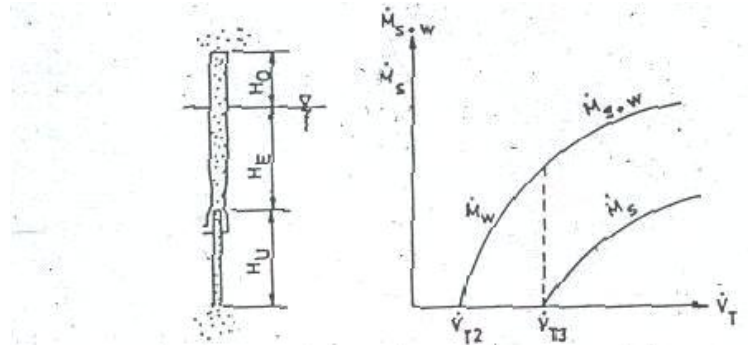
Enjektör pompası eskiden beri bilinen bir yöntem olup, su ve su-katı karışımlarının taşınmasında kullanılır. Bu yöntemin diğer mekanik taşıma sistemleri karşısındaki en büyük özelliği; basit yapıya sahip oluşudur. Fakat bu yöntemin kullanılma sahası sınırlıdır. Sistemin kullanıldığı yerlerdeki su seviyesi çok düşük veya taşıma yüksekliği çok yüksek ise, bu yöntem ekonomik değildir.

Enjektör pompaları su taşınmasında, göl ve deniz diplerinden kum ve minerallerin çıkarılmasında, radyoaktif artıkların tuz yatakları içerisine saklanmasında. Sıkça kullanılmaktadır.

Enjektör pompa sisteminde, alt borudan emilen şuurun veya su-katı karışımının kütleli debisinin enjektöre gönderilen işletici suyun kütleli debisine oranı m önemli bir kavramdır. Hesaplara başlarken başlangıçta bu m değeri keyfi seçilmekte, sonra hesaplarla bulunan m değeri ile mukayese edilmektedir. Bu iki m arasındaki farkın mutlak değeri; belli bir değer altına düşüncüye kadar hesaplamalar sürüp gitmektedir. Bu yüzden bilgisayar desteği olmadan enjektör pompa tesisini boyutlandırmak olanaksızdır.

GİRİŞ

Şekil 1 de enjektör pompasının şematik çizimi gösterilmiştir. Sistem temiz su pompası, alt boru, enjektör ve üst borular olmak üzere dört parçadan oluşur. Su pompası yardımıyla enjektöre su basılır ve enjektör içerisinde alçak basınç oluşturulur. Boru dışındaki suyun statik basıncı enjektörde yaratılan alçak basınç dengeleninceye kadar boru içerisinde su yukarı doğru yükselecektir. Enjektöre gönderilen su miktarı (işletici su) arttırıldıkça boru içerisinde su daha da yükselice ve neticede borunun ağzından dışarı fişkiracaktır. İşletici su miktarı daha da arttırılırsa, borudaki suyun hızı, su zemininde bulunan katı parçacıkların çökme hızına ulaşacak ve alt boru girişinde su girdabı oluşacaktır. Derin su diplerindeki katıları çıkartabilmek için enjektör pompa yönteminin alt ve üst borular içerisindeki su hızının, katı parçacıklarının çökme hızından fazla olması gerekir. İşletici su enjektöre basıldıkça katı taşınımı sürekli kazanacaktır.



Şekil 1: Enjektör pompasının şematik çizimi

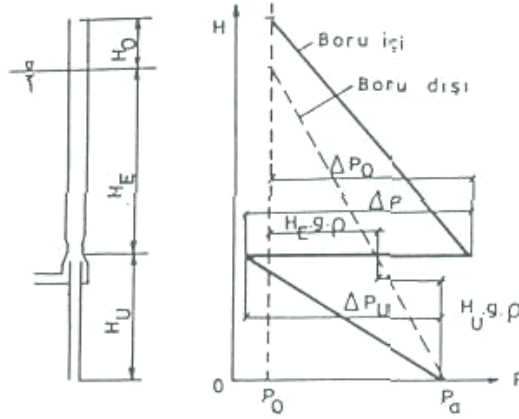
ENJEKTÖR POMPASININ KULLANIM SAHALARI

Enjektör pompa yöntemi dikey hidrolik katı taşınımının da sıkça kullanılmaktadır. Sulardan çakıl, kum, mineraller çıkartılması da, hidrolik olarak kömür taşınımının da, radyoaktif artıkların nihai depolanacağı yerlere götürülmesinde ve benzeri yerlerde bu sistem kullanılmaktadır.

TESİSİN İŞLETME NOKTASININ BELİRLENMESİ

İşletme noktasının tespitinde, enjektör pompa ve taşıyıcı borunun karakteristik eğrilerinden faydalanılır. Her iki karakteristik eğrinin kesim noktası işletme noktasını belirler.

Tesisin karakteristik eğrisi, tüm sistemin basınç bilançosu hesaplanarak bulunabilir. Şekil 2 de tesisteki ve dışındaki basınç değişimleri gösterilmiştir [1].



Şekil 2: Enjektör pompa yönteminde basıncın değişimi.

Borunun dışında alt uçuna hakim olan basınç,

$$P_a = P_0 + \rho_w \cdot g \cdot (H_E + H_U) \quad (1)$$

kadardır.

Alt borudaki basınç, boruya girişteki basınç kaybı (ΔP_E), ivmelenmeden dolayı meydana gelen basınç kaybı (ΔP_B), sürtünmeden ötürü meydana gelen basınç kaybı (ΔP_R) ve karışım ağırlığından meydana gelen basınç düşüşü (ΔP_G) nedeniyle yukarı doğru lineer olarak azalır. O halde alt borudaki toplam basınç kaybı,

$$\Delta P_U = \Delta P_E + \Delta P_B + \Delta P_R + \Delta P_G \quad (2)$$

olur.

Enjektör pompa vasıtasıyla boru içerisindeki basınç uygun bir püskürtme ile ΔP miktarı kadar yükseltilir. Üst boruda basınç; sürtünme, ağırlık ve muhtemel girdap kayıplarından ötürü atmosfer basıncına (P_o) kadar düşer. Bu nedenle basınç bilançosu,

$$P_O = P_a - \Delta P_U + \Delta P - \Delta P_O \quad (3)$$

şeklinde yazılır.

(1) nolu eşitlikte yazılan P_a basınç değeri (3) nolu eşitlikte yerine yazılırsa,

$$\Delta P = \Delta P_U + \Delta P_O - \rho_w \cdot g \cdot (H_E + H_U) \quad (4)$$

elde edilir.

Basınç kayıp terimlerini tek tek hesaplayabilmek için boru kesitindeki su ve katı hızlarının bilinmesi gerekir.

Relatif Hız,

$$w_s = v - c \quad (5)$$

ve süreklilik şartlarından

$$\begin{aligned} v &= \dot{V}_w / A \cdot \epsilon \\ c &= \dot{V}_s / A \cdot (1 - \epsilon) \end{aligned} \quad (6-7)$$

yazılırsa;

$$w_s = \dot{V}_w / (A \cdot \epsilon) - \dot{V}_s / A \cdot (1 - \epsilon) \quad (8)$$

neticesi elde edilir.

Dikey hidrolik taşımada küçük miktardaki katı konsantrasyonlarında fazlar arasındaki kayma ihmal edilebilir [2]. Dolayısıyla ara hacim ϵ için aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$\epsilon = \frac{1}{2} \left[\left(1 + \frac{\dot{V}_w + \dot{V}_s}{w_s \cdot A} \right) - \sqrt{\left(1 + \frac{\dot{V}_w + \dot{V}_s}{w_s \cdot A} \right)^2 - \frac{4 \cdot \dot{V}_w}{w_s \cdot A}} \right] \quad (9)$$

Relatif hız olarak örneğin sonsuz uzunluktaki suda katı taneciklerinin çökme hızı,

$$w_s = \sqrt{4 \cdot d_s \cdot g \cdot (\rho_s - \rho_w) / 3 \cdot c_w \cdot (K_e)_{11} \cdot \rho_w} \quad (10)$$

konulabilir.

Ortalama karışım yoğunluğu,

$$\rho_m = \rho_w \cdot \epsilon + \rho_s \cdot (1 - \epsilon) \quad (11)$$

ve karışımın ortalama hızı,

$$v_m = \dot{V} / A = v \cdot \epsilon + c \cdot (1 - \epsilon) \quad (12)$$

çeklinde ifade edilir.

Borunun alt ağzından girişi eki basınç kaybı ve girdap kayıpları ihmal edilerek, alt ve üst borudaki basınç kaybı terimleri ,

$$\Delta P_U = \frac{\rho_2}{2} \cdot v_2^2 + \frac{H_U}{D_2} \cdot \lambda \frac{\rho_2}{2} \cdot v_2^2 + \rho_2 \cdot g \cdot H_U$$

Varol, A.: "Enjektör Pompa Boyutlarının Bilgisayarla Tespiti", 2. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, 28-30 Nisan 1986, Bildiri Kitabı, C: 2. S: 367-381, İzmir

$$\Delta P_O = \frac{(H_E + H_O)}{D_4} \lambda \frac{\rho_4}{2} \cdot v_4^2 + \rho_4 \cdot g \cdot (H_E + H_O) \quad (13-14)$$

olur.

Üstteki denklemlerin çözümlerini kolaylaştırmak için, üst ve alt boruda sürtünme ve ağırlıktan meydana gelen basınç kayıplarından dolayı bir N basınç gradiyenti oranı türetilir.

$$N = (\Delta P / \Delta x)_O / (\Delta P / \Delta x)_U \quad (15)$$

o halde toplam basınç kaybı için (4/ nolu denklemden gidilerek.

$$\Delta P = \frac{\rho_2}{2} \cdot v_2^2 + [H_U + N \cdot (H_E + H_O)] (\Delta P / \Delta x)_U - (H_E + H_U) \cdot \rho_w \cdot g \quad (16)$$

elde edilir. (16) nolu denklemden,

$$(\Delta P / \Delta x)_U = \frac{\lambda}{D_2} \cdot \frac{\rho_2}{2} \cdot v_2^2 + \rho_2 \cdot g \quad (17)$$

$$q = (\rho_w / 2) \cdot w^2 \quad (18)$$

işletici lülenin dinamik basıncı $q = (P_w / 2) \cdot w^2$

Yüzey oranları

$$f = A_3 / A_1 \quad (19)$$

ikinci kütleli debi

$$\dot{M}_2 = \dot{M}_w + \dot{M}_s \quad (20)$$

$$\text{Kütleli debiler oranı } m = \dot{M}_2 / \dot{M}_T \quad (21)$$

$$\text{Yoğunluklar oranı } k = \rho_w / \rho_2 \quad (22)$$

Üstteki tanımlar yardımıyla tesis karakteristik eğrisinin boyutsuz denklemini;

$$\frac{\Delta P}{q} = \left[\frac{m^2 \cdot k}{(f-1)^2} \right] \left[1 + (H_U + N \cdot (H_E + H_O)) \right] \\ \left(\frac{\lambda}{D_2} + \frac{2 \cdot g}{v_2^2} \right) - \frac{2 \cdot (H_E + H_U) \cdot g \cdot k}{v_2^2} \quad (23)$$

veya eğri parantez içerisini Y ile gösterirsek,

$$\frac{\Delta P}{q} = \frac{k \cdot Y \cdot m^2}{(f-1)^2}$$

elde edilir [3].

ENJEKTÖR POMPASININ İŞLETME NOKTASININ TESBİTİ

Enjektör pompanın işletme noktasının hesabında şekil 3'den faydalanılır. Karışım borusu içinde yüksek türbülans durgun olmayan,

$$\rho_3 = \dot{M}_{top} / \dot{V}_{top} \quad (25)$$

oranı sebebiyle ortalama yoğunluğa sahip olduğu kabul edildiğinde alt ve üst boru içindeki P_2 ve P_4 ortalama yoğunları (11) nolu eşitlikten hesaplanır. Katı taneciklerinin difüzör içerisindeki etkisi ihmal edilir. Enjektör pompa yardımıyla meydana gelen basınç yükselmesi karışma lülesi içindeki basınç yükselmesi ve difüzördeki basınç değişmesinden oluşur ve değeri, |

$$\Delta P = (P_4 - P_3) + (P_3 - P_2) = (P_4 - P_2) \quad (26)$$

olur.

Difüzörde kayıplardan ötürü veriminde düşme olacağı göz önüne alınarak difüzör için Bernoulli-Denklemi kullanılsa difüzördeki basınç yükselmesi,

$$\Delta P_D = \eta_D \cdot (\rho_3 / 2) \cdot v_{3m}^2 \cdot \left(1 - (v_{4m} - v_{3m})^2 \right) \quad (27)$$

olacaktır.

Karışma borusu girişi çok karmaşıktır. Çünkü ada ikincil akımın (işletici hacimsel debi) enerjisinin emilen ikincil akıma aktarılmasında türbülanslı impuls değişimi olmaktadır. Sürekli rejimde karışma olayları için aşağıdaki

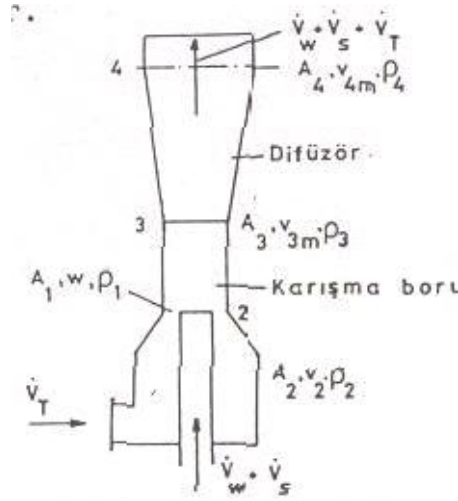
$$\begin{aligned} & \dot{M}_T \cdot w + \dot{M}_W \cdot v + \dot{M}_S \cdot c + P_2 \cdot A_3 \\ & = (\dot{M}_T + \dot{M}_W) \cdot v_3 + \dot{M}_S \cdot c_3 + P_3 \cdot A_3 + R \end{aligned} \quad (28)$$

(27) ve (28) nolu eşitliklerin yardımıyla enjektör pompasındaki basınç yükselmesi,

Varol, A.: "Enjektör Pompa Boyutlarının Bilgisayarla Tespiti", 2. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, 28-30 Nisan 1986, Bildiri Kitabı, C: 2. S: 367-381, İzmir

$$\Delta P = \frac{1}{A_3} (\dot{M}_T \cdot w + \dot{L}_W \cdot v + \dot{M}_S \cdot c - (\dot{M}_T + \dot{M}_W) \cdot v_3 - \dot{M}_S \cdot c_3) - \frac{R}{A} + \eta_D \cdot (\rho_3/2) \cdot v_{3m}^2 \cdot \left(1 - (v_{4m}/v_{3m})^2\right) \quad (29)$$

olarak bulunur.



Şekil 3: Enjektörün şematik çizimi

Katının ve ikincil suyun giriş impulsu için bir toplam giriş impulsu hesaba katılırsa,

$$\dot{M}_2 \cdot v_2 = \dot{M}_S \cdot c + \dot{M}_W \cdot v \quad (30)$$

elde edilir.

Eşitlikteki V_{2alt} borudaki ortalama hızdır.

Karışma borusu içindeki kayıp için,

$$(R/A_3) = \xi \cdot (\rho_3/2) \cdot v_{3m}^2 \quad (31)$$

toplam kayıp katsayısı için de;

Varol, A.: "Enjektör Pompa Boyutlarının Bilgisayarla Tespiti", 2. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, 28-30 Nisan 1986, Bildiri Kitabı, C: 2. S: 367-381, İzmir

$$Z = z + \xi - \eta_D \cdot \left(1 - (v_{4m} - v_{3m})^2 \right) \quad (32)$$

eşitliği kullanılır.

Neticede enjektör pompanın boyutsuz.karakteristik eğrisi

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{z}{f} + \frac{z \cdot k \cdot m^2}{f \cdot (f-1)} - \frac{(1+m) \cdot (1+m \cdot k) \cdot Z}{f^2} \quad (33)$$

eşitliği ile belirlenir [4].

İşletme noktasında kütleli debi oranı m'i elde etmek için; tesis karakteristik eğrisini veren (23) nolu eşitlik ile enjektör pompa karakteristik eğrisini veren (33) nolu eşitliği birleştirip m'e göre çözmek gerekir.

İşletme noktasında m kütleli debi oranı,

$$m = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A} \quad (34)$$

eşitliği kullanılır.

Üstteki son eşitlikteki semboller, aşağıdaki ifadeleri içermektedir.

$$A = k \cdot \left(\frac{2}{f \cdot (f-1)} - \frac{z}{f^2} - \frac{Y}{(f-1)^2} \right) \quad (35)$$

$$B = (k+1) \cdot z/f^2 \quad (36)$$

$$C = z/f - z/f^2 \quad (37)$$

ENJEKTÖR POMTA SİSTEMİNİN VERİMİ

Taşıma verimi,

η_s =Faydanılan güç/sarf edilen güç olarak tarif edilir.

Faydalı güç olarak Archimed Prensiibi de göz önünde bulundurulur,

$$L_N = \dot{V}_s \cdot g \cdot \left((\rho_s - \rho_w) \cdot (H_E + H_U) + H_O \cdot \rho_s \right) \quad (39)$$

eşitliği yazılabilir [5].

İletme borusundaki basınç kaybı ihmal edilirse, su pompası tarafından işleme gönderilen güç;

$$L_p = V_T \cdot (P_w/2) \cdot W^2 \quad (40)$$

biçiminde formüle edilir.

Enjektör pompa yöntemim, diğer taşıma yöntemleriyle kıyaslıya bilmek için, toplam verim göz önüne alınmalıdır. Enjektör pompa yönteminde toplam verim içinde temiz su pompasının verimi de göz önünde bulundurulmalıdır. O halde sistemin toplam verimi aşağıdaki eşitlikle belirlenir.

$$\eta = \eta_s \cdot \eta_p \quad (41)$$

ENJEKTÖR POMPASININ BİLGİSAYARLA BOYUTLANDIRILMASI

Bir enjektör pompa tesisinin hesabı için aşağıdaki büyüklüklerin bilinmesi gerekir. Tanımanın toplam derinliği ($H=H_E+H_U$), su seviyesi üzerindeki yükseklik (H_o), katı taneciklerinin büyüklüğü ve yoğunluğu (d_s, p_s), katı taşıma miktarı (M_s) ve taşıma konsantrasyonu (C_T) önceden bilinmelidir.

Saldırma derinliği (H_E), boru çapı (D), enjektörün yüzey oranları (f), işletici su miktarı (V_T) ve gerekli pompa basıncı (q) delerleri değişken büyüklüklerdir.

Bu veriler ışığında hesaplamaya aşağıdaki şekilde başlanır. Önce taşınması arzu edilen hacimsel katı debiyi belirlenir. Tespit edilen taşıma, konsantrasyonu yardımıyla hacimsel su debisi bulunur [6].

$$\dot{V}_w = \dot{V}_s \cdot (1 - c_T) / c_T \quad (42)$$

Alt borudaki toplam hacimsel debi (ikincil hacimsel debi) ;

$$\dot{V}_2 = \dot{V}_s + \dot{V}_w \quad (43)$$

eşitliğinden bulunur.

(9) nolu eşitlikten e değeri bulunduktan sonra, (11) ve (12) nolu eşitlikler yardımıyla karışım yoğunluğu ve hızı hesaplanır, (17) nolu eşitlikten gidilerek alt borudaki basınç gradiyenti, farklı boru çapları için hesaplanır ve en uygun boru çapı tespit edilir. Boru çapının düşmesi hızı arttırır ve dolayısıyla sürtünme basıncı da artmış olur. Boru çapının büyümesi boru kesitindeki katı oranının fazlalaşması anlamım taşır. Katı

oranının fazlalaşması, aynı anda hızın düşmesi yani sürtünmeden meydana gelen basınç kaybının düşmesi (katı ağırlığı sebebiyle); basınç gradiyentinin yükselmesine neden olur. Netice olarak toplam basınç gradiyenti minimum olacak şekilde verilen taşıma verilerinde en uygun bir boru çapı seçilmelidir. Böylece alt boruda ortalama yoğunluk ve basınç gradiyenti sabit olur.

Yoğunluklar oranı (22) nolu eşitlikten bulunabilir. Kütleli debi oranı m için bir başlangıç değerine gereksinim vardır. Bu başlangıç değerinden sonra işletici hacimsel debi adım adım değiştirilerek gerçek m değeri bulunur. Adım adım değişmeyi yapabilmek için de bilgisayar kullanımı zorunlu olmaktadır. Üst boru çapı da, alt boru çapı hesaplarında olduğu gibi benzer bir yol izlenerek tespit edilir.

Ekte deniz diplerinden mineral çıkartılmasında kullanılacak bir FORTRAN programı sunulmuştur. Taşımanın yapıldığı toplam derinlik $H=5000$ m ve deniz seviyesinden yukarı taşıma yüksekliği ise $H_0=20$ m olduğu kabul edilmiştir. Alt borudaki katı malzeme konsantrasyonu $C_T=0,20$ sabit olduğu varsayılmıştır.

Varol, A.: "Enjektör Pompa Boyutlarının Bilgisayarla Tespiti", 2. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, 28-30 Nisan 1986, Bildiri Kitabı, C. 2. S: 367-381, İzmir

```

1*      DIMENSION HAYAT(1200),FA(1200),ESA(12,0),ETAS(1200)
2*      DIMENSION DPA(1200)
3*      NPTS=100
4*      REAL DP,QJ
5*      REAL LEIS
6*      REAL DN,DZ
7*      REAL PRUX,PHUX,DPUX,PRUX,PHUX,UPUX,CRJ
8*      REAL IA
9*      REAL HA
10*     REAL HO,G,S,ZE,LA,PO,GS1,CR,TI,FE,GW,LS,HE,HU,WS,U,A,VAS,K,T,Q
11*     REAL VAW,PA,E,GAH,VW,VH,DPU,PL,M1,VAW1,VAH,DU,AG,EU,GAHO,VMO,C
12*     REAL HETL
13*     REAL VMO,U,PO,H,V2,M,K,C,VAHU
14*     REAL Z,Y,H,AJ,CJ
15*     REAL PBU,PRU,PHU,PRO,PKO,PHO
16*     REAL LN,LP,ETAP,ETA
17*     TIFE=5000.
18*     GS1=50000.
19*     H11=20.
20*     G=9.81
21*     S=0.
22*     ZF=1.
23*     LA=0.62
24*     PO=103330.
25*     CR=0.2
26*     ETAP=C+8
27*     GW=1000.
28*     Z=1.4
29*     GS=2000.
30*     WS=0.5
31*     D=0.254
32*     60 D=D+0.046
33*     IF(D.GT.0.3556) GOTO 2
34*     WRITE(6,600) D
35*     A=3.14159*D*D/4.
36*     HF=49A0.
37*     50 HF=HE+20
38*     IF(HE.GT.5000.) GOTO 60
39*     H11=TIFE-HF
40*     WRITE(6,610) HE
41*     VAS=GS1/(GS+3600.)
42*     R=VAS/4.
43*     T=VAS*1.2501
44*     Q=K
45*     10. Q=Q+R
46*     IF(Q.GT.T) GOTO 50
47*     VAS=2*Q
48*     WRITE(6,750) VAS
49*     DN=1.4
50*     49 D1=DO+0.1
51*     WRITE(6,650) DU
52*     VAW=A*(1+J+CR)*(S+VAS/(A*CR))
53*     PA=PO+GW*G*(HE+HU)
54*     E=U*S*(1.+(VAW+VAS)/(WS*A))-((1.+(VAW+VAS)/(WS*A))*2.)-
55*     *4.*VAW/(WS*A))*0.5)
56*     GAH=GW*E+GS*(1+U-E)
57*     VW=VAW/(A+E)
58*     C=VAS/(A*(1-E))
59*     VH=VW*E+C*(1+D-E)
60*     VAM=VH*A
61*     PHU=C*S+GAM*VH*VM
62*     PHU=0.5*H11*LA*GAM*VH*VM/D
63*     PHU=G*HU*GAM
64*     PHUX=PRU/HU
65*     PHUX=PHU/HU
66*     D1UX=PRUX+PHUX
67*     D1U=D1UX*HU+PHU
68*     PF=PO*(HE+HU)+G*GW-DPU
69*     10. K=GW/GAH
70*     WRITE(6,600) VAW,GAH,VW,C,VM,VAH
71*     WRITE(6,620) PBU,PRU,PHU,UPU,F,PL
72*     M=1.2
73*     DO 10 I=1,10

```

```

84*      A(1)=3.14159*DO*DO/4.
85*      E(1)=U*1.+(1.+(1*(VAVO+VAS)/(1.5*A1)))-(1.+(1*(VAVO+VAS)/(1.5*AO)))*2.
86*      *4.*VAVO/(MS*AO)**0.5)
87*      G1HO=(1.0*EU+GS*(1.0-E0)
88*      V10=VAVO/(AO*LO)
89*      C(1)=VAVO/(A*(1.0-LO))
90*      V10=V10*E(1)+CO*(1.0-E0)
91*      PHO=0.
92*      PHO=0.5*(1.0+C+HO)*LA+GAHU*VHO+V10/DO
93*      PHO=6*(HE+HO)*GAMU
94*      PHOX=PHO/(HE+HO)
95*      PHOX=PHO/(HE+HO)
96*      DPOX=PHOX+PHOX
97*      DPO=PHO+PHO+PHO
98*      N=DPOL/DPHX
99*      N4=N
100*      Y=1.+(HU*(HA*(HE+HU)))/(LA/DO)*(2.*G/(M**2.))
101*      *1.2*(HE+HU)*G*K1/VH**2.1
102*      A3=K*(2./F*(F-1))-2/(F+F)-Y/(F-1)*(1-1)
103*      B=(1.0+1)*2/(F+F)
104*      C3=2./F-2/(F+F)
105*      M1E=H*U-4*A3*C3
106*      M=(1-B*(A**4-A3*C3))+0.5/(2*A3)
107*      I=ABS(H**4)*GT*0.0(1)  GOTU 14
108*      HAYAT(1)=H*M*K*Y/(F-1)**2)
109*      DPA(1)=DPO+DPO*(H+HU)*G*GW
110*      DP=DPA(1)
111*      Q=DPA(1)/HAYAT(1)
112*      V2=(2*QW/G)*0.5
113*      DZ=(1.4*VAH1)/(1.314159*V2)**0.5
114*      DH=(F**0.5)*DZ
115*      LN=VAS*G*(GS-GW)*(HE+HU)*HO*G5)
116*      LP=0.4*VAH1*GW*V2*V2
117*      ETASA(1)=LN/LP
118*      ETAS=ETASA(1)
119*      ETAS=ETAS*LTAP
120*      ESA(1)=LP/(GS)*LTAP)
121*      ES=ESA(1)
122*      LFS=(P/(1.TAP*100000))
123*      WRITE(6,600) GAMO,VHO,CO,VHO,I,K
124*      WRITE(6,610) VAVO,PHO,PHO,DPO,LO,V2
125*      WRITE(6,620) DH,DZ,DH,DPA(1),VAVO,HE,LE
126*      WRITE(6,630) LN,LP,ETAS,ETA,LS,LLIS
127*      WRITE(6,640) MA,M,CHO,A,AD,PA
128*      WRITE(6,640) N,Y,A3,B,C3,HAYAT(1)
10      CONTINUE
130*      CALL WOLK(IFA,HAYAT,NPTS,-4,'',HAYAT',1,5,'',1)
131*      CALL WOLK(IFA,ETASA,NPTS,-4,'',ETAS',1,4,'',1)
132*      CALL WOLK(HAYAT,LTASA,NPTS,-4,HAYAT',ETAS',5,4,'',1)
133*      CALL WOLK(HAYAT,ESA,NPTS,-4,HAYAT',LS',5,2,'',1)
134*      IF(DO.LT.2) GOTU 49
135*      GOTU 10A
136*      40r FURHATI' KDRNDURCHMESSER D=',F10.5,/)
137*      41r FURHATI' LINMLASTLIFE ME=',L10.5,/)
138*      62r FURHATI3X,'PBU=',L10.5,3X,'PHO=',E10.5,3X,'PHU=',L10.5,3X,'DPOU'
139*      *F10.5,3X,' C=',L10.5,3X,' PE=',L10.5,/)
140*      63r FURHATI3X,'VAH1=',L10.5,3X,'PHO=',E10.5,3X,'PHU=',L10.5,3X,'DPOU'
141*      =L10.5,3X,' ED=',E10.5,3X,' V2=',L10.5)
142*      64r FURHATI3X,' H=',L10.5,3X,' Y=',E10.5,3X,' A3=',L10.5,3X,' B'
143*      *E10.5,3X,' C3=',L10.5,3X,' HAYAT',E10.5,/)
144*      45r FURHATI' DRNDURCHMESSER CU=',E10.5,/)
145*      66r FURHATI3X,'VAH1=',E10.5,3X,'GAMU=',E10.5,3X,' V10=',E10.5,3X,' C'

```


SEMBOLLER

A	Boru kesiti, sabit sayı	(m ² , -)
B	Sabit sayı	(-)
C	Sabit sayı	(-)
c	Katı malzemenin mutlak hızı	(m/s)
c ₃	Karışma borusundaki katı malzemenin mutlak hızı	(m/s)
c _T	Taşıma konsantrasyonu	(-)
c _w	Katı tanesinin direnç katsayısı	(-)
D	Boru çapı	(m)
d _s	Katı taneciklerinin çapı	(m)
f	Yüzey oranları	(-)
g	Yerçekimi ivmesi	(m/s ²)
H _E	Enjektörün daldırma derinliği	(m)
H _O	Su seviyesi üzerindeki taşıma yüksekliği	(m)
H _U	Alt boru uzunluğu	(m)
H	Toplam derinlik H=H _E +H _U	(m)
k	Yoğunluklar oranı	(-)
L _N	Faydalanılan güç	(W)
L _P	Santrifüj pompanın gücü	(W)
m	Kütlesel debiler oranı	(-)
M _s	Katı malzemenin kütlesel debisi	(kg/s)
M _w	İkincil suyun kütlesel debisi	(kg/s)
M _T	İşletici suyun kütlesel debisi	(kg/s)
M ₂	İkincil kütlesel debi $M_2 = M_w + M_s$	(kg/s)
M _{top}	Toplam kütlesel debi $M_{top} = M_w + M_s + M_T$	(kg/s)
N	Üst ve alt borudaki basınç gradiyentlerinin oranı	(-)
P _a	Alt boru giriş ağzındaki basınç	(Pa)
P ₀	Atmosfer basıncı	(Pa)

ΔF_G	Ağırlıktan dolayı meydana gelen basınç	(Pa)
ΔF_O	Üst borudaki basınç kaybı	(Pa)
ΔF_U	Alt borudaki basınç kaybı	(Pa)
q	İşletici lülenin dinamik basıncı	(Pa)
R	Karışma borusundaki direnç kuvveti	(N)
Re _s	Katı taneciklerinin Reynolds-Sayısı	(-)
v	Alt borudaki suyun mutlak hızı	(m/s)
v _m	Ortalama karışım hızı	(m/s)
v ₂	Alt borudaki ortalama karışım hızı	(m/s)
v _{3m}	Karışma borusu sonundaki ortalama karışım hızı	(m/s)
v ₄	Üst borudaki ortalama karışım hızı	(m/s)
v _{4m}	Difüzör sonundaki ortalama karışım hızı	(m/s)
v ₃	Karışım borusu sonundaki suyun mutlak hızı	(m/s)
V _T	İşletici hacimsel su debisi	(m ³ /s)
V _s	Katı malzemenin hacimsel debisi	(m ³ /s)
V _w	Alt borudaki suyun hacimsel debisi	(m ³ /s)
V ₂	İkincil hacimsel debi $\dot{V}_2 = \dot{V}_w + \dot{V}_s$	(m ³ /s)
w	Suyun lüleden fışkırma hızı	(m/s)
w _s	Relatif hız veya çökme hızı	(m/s)
Y	Kısaltma	(-)
Z	Enjektör pompadaki toplam kayıp katsayısı	(-)
ε	Ara hacim	(-)
η	Toplam verim	(-)
η _s	Enjektör pompa yönteminin taşıma verimi	(-)
η _p	İşletici pompanın verimi	(-)
η _D	Difüzör verimi	(-)
λ	Boru sürtünme katsayısı	(-)
ξ	Karışma borusu içindeki kayıp katsayısı	(-)
α	Suyun yoğunluğu	(kg/m ³)

İNDİSLER

w = Su; s= Katı; U = Alt boru; O = Üst boru; 1 = Lüle kesiti; 2= Alt boru kesiti; 3 = Karışım borusu kesiti; 4 = Üst boru kesiti

Varol, A.: “Enjektör Pompa Boyutlarının Bilgisayarla Tespiti”, 2. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, 28-30 Nisan 1986, Bildiri Kitabı, C: 2. S: 367-381, İzmir

LİTERATÜR

1. VAROL, A.: Die Kombination von Strahl- und Lufthebepumpe, Deutsche Hebe- und Fördertechnik, ffest Deutschland, 1986
2. FELDLE, G.: Vertikale hydraulische Feststoffförderung nach dem Strahlpumpverfahren, f+h, Fördern und Heben, Nr.12, 1978
3. DEDEGİL, M., Y.: Hydraulische und hydropneumatische Feststoff-Förderung für die Meerestechnik, Transmatik-Report II, Karlsruhe, 1976
4. VAROL, A.: Enjektör Pompaları, Doğa Bilim Dergisi, Mühendis ve Çevre, Seri B, 1986
5. WEBER, M.: Feststoffinjektoren genauer berechnet, Maschinenmarkt, 78(1972)13, s.236-237
6. YILMAZ, T.: Enjektör Pompaları, Konferans notları, Elazığ DMMA, Mayıs 1980

Varol, A.: "Enjektör Pompa Boyutlarının Bilgisayarla Tespiti", 2. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Sempozyumu, 28-30 Nisan 1986, Bildiri Kitabı, C: 2. S: 367-381, İzmir
