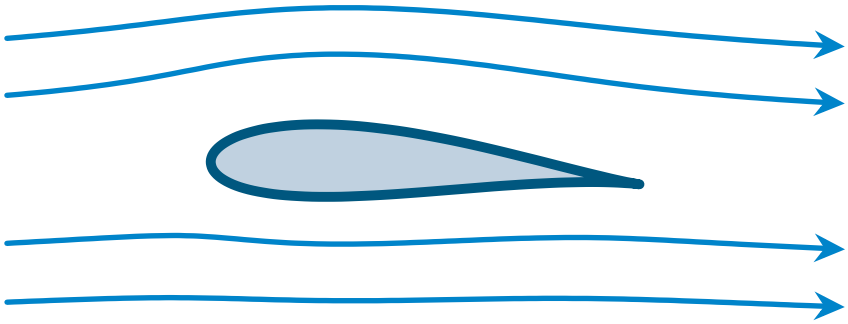
AKIŞKANLAR MEKANİĞİ 2

SORU KİTABI

ÖRNEK SAYFALAR

7 ünite · 140 soru · adım adım çözümler



Ertan Sinan Şahin

ertansinansahin.com

Bu kitap nasıl kullanılır?

- Her ünite, soruların dayandığı tanım ve formülleri özetleyen bir hatırlatma kutusuyla açılır.
- Zorluk: ★☆☆ temel ★★☆ orta ★★★ ileri. Her ünitede birkaç çoktan seçmeli kavram sorusu vardır; ünitenin son sorusu, birden çok konuyu birleştiren sınav tipi bir karma sorudur.
- Her sorunun altındaki noktalı alan sizin çözümünüz içindir. Önce kendiniz çözün; takıldığınızda hatırlatma kutusuna ve ders notuna dönün, çözüme en son bakın.
- Bütün çözümler kitabın sonundadır. Sorunun yanındaki Çözüm → bağlantısı çözüme, çözümdeki ← Soru bağlantısı soruya götürür. Kısa cevaplar **CEVAP** kutusundadır.
- **Ortak üniteler:** Ünite 6–7 (boyut analizi, iç akış) *Akışkanlar Mekaniği 1* kitabındakilerle aynıdır. İkinci dönemi bu konularla başlayan okullar için buraya alınmıştır; birinci dönemde işleyenler için tekrar niteliğindedir.
- **Vize ve final:** Akışkanlar Mekaniği II çoğunlukla makine, enerji ve otomotiv mühendisliğinde okutulur. Vize genellikle boru akışını ve diferansiyel analizi (Ünite 6–8), final dış akışı, sıkıştırılabilir akışı, açık kanal akışını ve turbomakineleri (Ünite 9–12) kapsar; konu seçimi okuldan okula değişir. Kendi dersinizin izlencesine göre çalışacağınız üniteleri seçin.

İçindekiler

Sayfa numaraları tam kitaba aittir. Renkli üniteler bu örnekte vardır; tıklayınca o üniteye gidersiniz.

6 Boyut Analizi ve Modelleme ..... 18 soru 4

7 İç Akış ..... 26 soru 14

8 Diferansiyel Analiz ve Navier–Stokes ..... 20 soru 29

9 **Dış Akış: Sürükleme ve Kaldırma** ..... 22 soru 41

10 **Sıkıştırılabilir Akış** ..... 18 soru 53

11 Açık Kanal Akışı ..... 18 soru 63

12 **Turbomakineler** ..... 18 soru 74

Çözümler 84

9. ÜNİTE

DIŞ AKIŞ: SÜRÜKLEME VE KALDIRMA

sürükleme kuvveti	$F_D = C_D \frac{1}{2}\rho V^2 A$	limit hız (düşen cisim)	$W = F_D + F_B$
kaldırma kuvveti	$F_L = C_L \frac{1}{2}\rho V^2 A$	Stokes yasası ($Re < 1$)	$F_D = 3\pi\mu V D$
Reynolds sayısı	$Re = \frac{\rho V L}{\mu} = \frac{V L}{\nu}$	en küçük uçuş hızı	$V_{\min} = \sqrt{\frac{2W}{\rho\, C_{L,\max} A}}$
sürtünme sürüklemesi	$F_f = C_f \frac{1}{2}\rho V^2 A_{\text{ıs}}$		
düz levhada geçiş	$Re_x \approx 5 \times 10^5$	Strouhal sayısı	$St = \frac{f D}{V}$

Aksi verilmedikçe yerçekimi ivmesi $g = 9.81\ \text{m/s}^2$ alınır. Havanın ve suyun yoğunluğu ile viskozitesi, sürükleme ve kaldırma katsayıları ve düz levha bağıntıları her soruda verilir; her bağıntı yalnız verilen *Re* aralığında kullanılır ve *Re* önce denetlenir. Akış sürekli ve sıkıştırılamazdır. C_D, aksi söylenmedikçe cismin akışa dik izdüşüm (ön) alanına göre; kanatlarda C_L ve C_D planform alanına göre tanımlıdır. $A_{\text{ıs}}$ ıslak yüzey alanıdır. Şekillerde hız ve akış yönü mavi, kuvvet kırmızı, dönme yeşil, katı cisimler şeftali, su açık camgöbeği çizilir.

Sürükleme ve kaldırma kuvvetleri

9.1 ★☆☆ Çözüm →

Şekildeki iki cismin akışa dik kalınlıkları ve boyları (kâğıda dik) eşittir: (a) dairesel bir silindir, (b) arkası uzatılarak akım çizgisel biçim verilmiş bir dikme. İkisi de aynı hızlı, yüksek Reynolds sayılı bir hava akımı içindedir. Aşağıdakilerden hangisi doğrudur?



A) (a) silindirinin sürüklemesinin büyük kısmı, yüzeyindeki kayma gerilmelerinden (sürtünme sürüklemesi) gelir.

B) Akım çizgisel biçim basınç sürüklemesini büyük ölçüde azaltır; ama ıslak yüzey alanı büyüdüğü için sürtünme sürüklemesi artabilir.

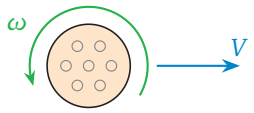
C) Akış hızı arttıkça sürtünme katsayısı azaldığı için (b) dikmesine etkiyen sürtünme kuvveti de azalır.

D) Basınç sürüklemesi viskoziteden bağımsızdır; sürtünmesiz (ideal) bir akışta da (a) silindirine basınç sürüklemesi etkir.

E) Akım ayrılması cismin arka ucuna ne kadar yakın olursa iz bölgesi o kadar geniş ve sürükleme o kadar büyük olur.

Küre ve silindir; limit hız

9.11 ★★☆ Çözüm →



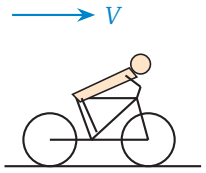
Gamzeli bir golf topunun çapı 42.7 mm, kütlesi 45.9 g'dır. Top, geri dönüşlü (alt yüzü ileri dönen) olarak 70 m/s hızla vuruluyor. Hava için $\rho = 1.2\ \text{kg/m}^3$, $\mu = 1.8 \times 10^{-5}\ \text{Pa}\cdot\text{s}$. Bu hızda ve dönüşte $C_D = 0.25$, $C_L = 0.21$'dir.

a. Reynolds sayısını, sürükleme ve kaldırma kuvvetlerini bulunuz. Kaldırma kuvveti ağırlığın kaç katıdır? Topun hareketi için bu ne anlama gelir?

b. Pürüzsüz bir kürede sürükleme krizi $Re \approx 3.5 \times 10^5$'te, gamzeli golf topunda $Re \approx 4 \times 10^4$'te başlar. Bu Reynolds sayılarına karşılık gelen hızları bulunuz ve golf toplarının neden gamzeli yapıldığını açıklayınız.

Karma sorular

9.20 ★★★ Çözüm →



Bir yol bisikletçisi ile bisikletinin toplam kütlesi 84 kg'dır. Yarış konumunda $C_D A = 0.28\ \text{m}^2$, yuvarlanma direnci katsayısı 0.0045'tir (yuvarlanma direnci = katsayı × yola dik kuvvet). Hava için $\rho = 1.2\ \text{kg/m}^3$. Aktarma kayıplarını ihmal ediniz.

a. Durgun havada, yatay yolda 38 km/sa sabit hız için gereken gücü bulunuz. Bu gücün yüzde kaçı aerodinamik sürüklemeye harcanır?

b. %7 eğimli (yükselme/yatay uzaklık = 0.07) bir yokuşu durgun havada 14 km/sa ile çıkmak için gereken gücü ve sürüklemenin payını bulunuz.

c. Yatay yolda 6 m/s'lik karşıdan esen rüzgâra karşı 38 km/sa yer hızı için gereken gücü bulunuz.

10. ÜNİTE

SIKIŞTIRILABİLİR AKIŞ

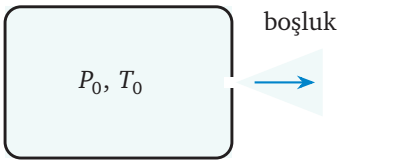
ses hızı, Mach sayısı	$c=\sqrt{kRT},\ Ma=\dfrac{V}{c}$	normal şok	$Ma_2^2=\dfrac{(k-1)Ma_1^2+2}{2kMa_1^2-(k-1)}$
durma sıcaklığı	$\dfrac{T_0}{T}=1+\dfrac{k-1}{2}Ma^2$		$\dfrac{P_2}{P_1}=\dfrac{1+kMa_1^2}{1+kMa_2^2}$
izantropik	$\dfrac{P_0}{P}=\left(\dfrac{T_0}{T}\right)^{\frac{k}{k-1}},\ \dfrac{\rho_0}{\rho}=\left(\dfrac{T_0}{T}\right)^{\frac{1}{k-1}}$		$\dfrac{T_2}{T_1}=\dfrac{2+(k-1)Ma_1^2}{2+(k-1)Ma_2^2}$
alan–Mach	$\dfrac{A}{A^*}=\dfrac{1}{Ma}\left[\dfrac{2}{k+1}\dfrac{T_0}{T}\right]^{\frac{k+1}{2(k-1)}}$	şokta	$T_{02}=T_{01},\ P_{01}A_1^*=P_{02}A_2^*$
kritik ($k=1.4$)	$\dfrac{T^*}{T_0}=0.8333,\ \dfrac{P^*}{P_0}=0.5283$	ideal gaz	$P=\rho RT,\ c_p=\dfrac{kR}{k-1}$
boğulmuş debi	$\dot{m}=A^*P_0\sqrt{\dfrac{k}{RT_0}}\left(\dfrac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}}$	itki (lüle)	$F=\dot{m}V_e+(P_e-P_a)A_e$

Aksi verilmedikçe gaz, ideal gaz kabul edilen havadır: $k=1.4$, $R=287\ \text{J/(kg}\cdot\text{K)}$, $c_p=1004.5\ \text{J/(kg}\cdot\text{K)}$. Akış bir boyutlu, sürekli ve adyabatiktir; lülelerde şok yoksa izantropik kabul edilir. Basınçlar ve sıcaklıklar mutlaktır; atmosfer basıncı 101.3 kPa'dır. İzantropik bağıntılar bir normal şokun karşısında kullanılmaz: şokta durma sıcaklığı korunur, durma basıncı düşer. Alan–Mach bağıntısından Mach sayısı deneme–yanılmayla çözülür. Şekillerde gaz açık renk dolgulu, akış yönü mavi, normal şok kalın siyah çizgidir.

Yakınsak lüle ve boğulma

10.8 ★☆☆ Çözüm →

Bir uzay istasyonu modülünün duvarında, bir mikrometeoritin açtığı 6 mm çaplı yuvarlak bir delik oluşmuştur. Modüldeki hava 101.3 kPa ve 295 K'dir; dışarısı boşluktur. Delik, kayıpsız kısa bir yakınsak lüle gibi davranır.

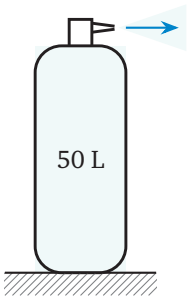


a. Akışın boğulduğunu gösteriniz ve hava kaybını (g/s) bulunuz.

b. Delikten çıkan jetin sıcaklığını, basıncını ve hızını bulunuz.

c. Modülün hacmi 100 m^3'tür. Bu kayıp hızıyla modül havasının %1'i ne kadar sürede kaybolur?

10.10 ★★★ Çözüm →



Hacmi 50 L olan bir basınçlı hava tüpünün vanası kırılıyor ve tüp, 4 mm çaplı kayıpsız bir yakınsak ağızdan atmosfere boşalmaya başlıyor. Başlangıçta tüp basıncı 800 kPa'dır. Tüp ince cidarlı ve metaldir; ısı alışverişi yeterli kabul edilip tüpteki havanın sıcaklığı 295 K'de sabit alınır.

a. Başlangıçtaki kütlesel debiyi bulunuz.

b. Akış boğulmuş kaldıkça tüp basıncının $P_0(t) = P_{0i}\, e^{-t/\tau}$ ile azaldığını gösteriniz; zaman sabitini bulunuz.

c. Akış ne zaman boğulmuş olmaktan çıkar? O anda tüpte başlangıçtaki havanın yüzde kaçı kalmıştır?

12. ÜNİTE
TURBOMAKİNELER

su gücü, pompa verimi	$\dot{W}_{\text{su}} = \rho g \dot{V} H,\ \ \eta_p = \dfrac{\dot{W}_{\text{su}}}{\dot{W}_{\text{mil}}}$	benzerlik (debi)	$\dfrac{\dot{V}_B}{\dot{V}_A} = \dfrac{n_B}{n_A}\left(\dfrac{D_B}{D_A}\right)^3$
işletme noktası	$H_{\text{pompa}}(\dot{V}) = H_{\text{sistem}}(\dot{V})$	benzerlik (yük, güç)	$H \propto n^2 D^2,\ \ \dot{W} \propto \rho\, n^3 D^5$
NPSH	$\text{NPSH} = \left(\dfrac{P}{\rho g} + \dfrac{V^2}{2g}\right)_{\text{giriş}} - \dfrac{P_v}{\rho g}$	pompa özgül hızı	$N_{Sp} = \dfrac{\omega \dot{V}^{1/2}}{(gH)^{3/4}}$
mevcut NPSH	$\text{NPSH}_m = \dfrac{P_{\text{atm}} - P_v}{\rho g} + z_s - h_{L,\text{emme}}$	türbin özgül hızı	$N_{St} = \dfrac{\omega \dot{W}_{\text{mil}}^{1/2}}{\rho^{1/2}(gH)^{5/4}}$
Euler denklemi	$\dot{W}_{\text{mil}} = \rho \dot{V}\left(r_2 V_{2,t} - r_1 V_{1,t}\right)$	rüzgâr türbini	$\dot{W} = C_P\, \frac{1}{2}\rho A V^3,\ \ C_{P,\max} = \frac{16}{27}$

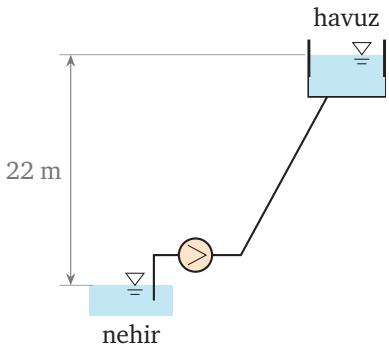
Aksi verilmedikçe suyun yoğunluğu $\rho = 1000$ kg/m^3, havanınki 1.2 kg/m^3, yerçekimi ivmesi $g = 9.81$ m/s^2 ve atmosfer basıncı $P_{\text{atm}} = 101.3$ kPa alınır. H net yüktür (metre sıvı sütunu). Pompa ve sistem eğrileri soruda bağıntı olarak verilir; bağıntılardaki debi biriminin (L/s ya da m^3/s) hangisi olduğu soruda yazılır. z_s, emme deposundaki serbest yüzeyin pompa ekseninden yüksekliğidir (yüzey eksenin altındaysa eksi). Benzerlik yasaları geometrik benzer makinelerin benzer işletme noktaları içindir; verim aynı kabul edilir. Özgül hız, en yüksek verim noktasında ve ω rad/s cinsinden hesaplanır: $N_{Sp} < 1.5$ santrifüj, 1.5–3.5 karışık akışlı, 3.5'ten büyük eksenel pompa; $N_{St} < 0.3$ çarpmalı, 0.3–2 Francis, 2'den büyük Kaplan türbini uygundur. Kanat açıları, bağıl hızın dönme yönünün tersi olan teğet doğrultuyla yaptığı açıdır.

Pompa performansı, sistem eğrisi ve verim

12.3

★★☆ Çözüm →

Bir sulama kooperatifi, nehirden aldığı suyu tepedeki bir dengeleme havuzuna basıyor. Pompanın eğrisi $H_p = 38 - 0.0055\,\dot{V}^2$, sistem eğrisi $H_s = 22 + 0.0036\,\dot{V}^2$'dir ($H$ metre, $\dot{V}$ L/s). Pompanın verim eğrisi $\eta = 0.78\left[2(\dot{V}/48) - (\dot{V}/48)^2\right]$'dir.



a. İşletme noktasındaki debiyi ve yükü bulunuz.

b. Bu noktadaki verimi ve mil gücünü bulunuz.

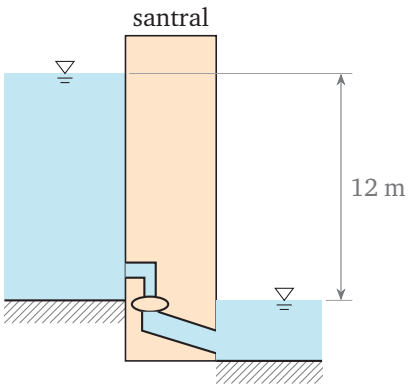
c. Havuzdaki su seviyesi 3 m yükselirse (statik yük 25 m) debi yüzde kaç azalır?

Euler denklemi, hız üçgenleri ve türbinler

12.16

★☆☆ Çözüm →

Bir nehir santralinde regülatör ile kuyruk suyu arasındaki brüt düşü 12 m'dir; su alma yapısı ve kanaldaki kayıplar 0.6 m'dir. Bir ünitenin debisi 140 m^3/s, türbin verimi 0.91, jeneratör verimi 0.97'dir. Jeneratörün senkron hızı 107.1 dev/dk'dır.



a. Türbinin mil gücünü ve ünitenin elektrik gücünü bulunuz.

b. Türbin özgül hızını bulunuz. Hangi türbin türü uygundur?

c. Aynı yerde Francis türbini kullanılsaydı en uygun özgül hız ($N_{St} \approx 1$) için devir ne olmalıydı? Yorumlayınız.

Örnek sayfalar · Kitabın tamamı: ertansinansahin.com

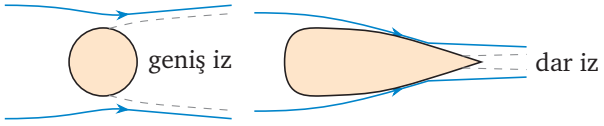
ÇÖZÜMLER

9 DIŞ AKIŞ: SÜRÜKLEME VE KALDIRMA

9.1

← Soru

Toplam sürükleme, yüzeye dik basınç kuvvetlerinin (basınç sürüklemesi) ve yüzeye teğet kayma gerilmelerinin (sürtünme sürüklemesi) akış yönündeki bileşenlerinin toplamıdır. Küt cisimde akım erken ayrılır ve arkada geniş, düşük basınçlı bir iz bölgesi oluşur; akım çizgisel biçim ayrılmayı geciktirip izi daraltır. Bunun bedeli daha uzun, dolayısıyla daha büyük ıslak yüzeydir. **B** doğrudur.



- (A): Yüksek Re'de silindirin sürüklemesinin büyük kısmı basınç sürüklemesidir; ön ve arka yüzler arasındaki basınç farkından gelir.
- (C): C_f azalır ama kuvvet $C_f V^2$ ile orantılıdır; türbülanslı levhada $C_f \propto V^{-0.2}$ olduğundan kuvvet yaklaşık $V^{1.8}$ ile artar.
- (D): Sürtünmesiz akışta basınç dağılımı simetriktir ve sürükleme sıfırdır (d'Alembert paradoksu). Basınç sürüklemesine yol açan akım ayrılması viskozitenin sonucudur.
- (E): Ayrılma geciktikçe iz daralır ve basınç sürüklemesi azalır; yön terstir.

CEVAP B

9.11

← Soru

Ön alan $A = \pi(0.0427)^2/4 = 1.432 \times 10^{-3}$ m^2, dinamik basınç $\frac{1}{2}(1.2)(70)^2 = 2940$ Pa.

a. Reynolds sayısı ve kuvvetler:

$$Re = \frac{(1.2)(70)(0.0427)}{1.8 \times 10^{-5}} = 1.993 \times 10^5 \approx 1.99 \times 10^5,$$

$$F_D = (0.25)(2940)(1.432 \times 10^{-3}) = 1.053 \approx 1.05 \text{ N},$$

$$F_L = (0.21)(2940)(1.432 \times 10^{-3}) = 0.884 \text{ N}.$$

Ağırlık $W = (0.0459)(9.81) = 0.4503$ N:

$$\frac{F_L}{W} = \frac{0.884}{0.4503} = 1.96.$$

Kaldırma kuvveti (Magnus etkisi) ağırlığın yaklaşık iki katıdır: top vuruştan sonra bir süre yükselen, yukarı kıvrılan bir yol izler ve parabolik atıştan çok daha uzağa gider. Sürükleme ağırlığın $1.053/0.4503 = 2.34$ katıdır; top çabuk yavaşlar.

b. $V = Re\,\mu/(\rho D)$; burada $\rho D = 0.05124$ kg/m^2:

$$V_{\text{pür}} = \frac{(3.5 \times 10^5)(1.8 \times 10^{-5})}{0.05124} = 123 \text{ m/s},$$

$$V_{\text{gam}} = \frac{(4 \times 10^4)(1.8 \times 10^{-5})}{0.05124} = 14.05 \approx 14.1 \text{ m/s}.$$

Golf toplarının hızı en çok 70–80 m/s'dir; pürüzsüz top sürükleme krizine hiç ulaşmaz ve yüksek C_D (≈ 0.5) ile uçar. Gamzeler sınır tabakasını erken türbülanslı yapar; ayrılma gecikir, iz daralır ve uçuşun neredeyse tamamında C_D yaklaşık yarıya iner.

CEVAP a. $Re = 1.99 \times 10^5$, $F_D = 1.05$ N, $F_L = 0.884$ N, $F_L/W = 1.96$ b. pürüzsüz 123 m/s (ulaşılamaz), gamzeli 14.1 m/s

9.20

← Soru

Sabit hızda bisikletçinin itici kuvveti yuvarlanma direnci, sürükleme ve (yokuşta) ağırlığın yol boyunca bileşeninin toplamına eşittir; güç bu kuvvetin yer hızıyla çarpımıdır. Sürükleme, havaya göre bağıl hızla hesaplanır. $W = (84)(9.81) = 824.0$ N.

ertansinansahin.com

a. $V = 38/3.6 = 10.556$ m/s:

$$F_D = \tfrac{1}{2}(1.2)(0.28)(10.556)^2 = 18.72 \text{ N},$$

$$F_r = (0.0045)(824.0) = 3.708 \text{ N},$$

$$\dot{W} = (18.72 + 3.708)(10.556) \approx 237 \text{ W}.$$

Gücün $18.72/22.43 = \%83.5$'i sürüklemeye gider.

b. $\theta = \arctan 0.07 = 4.00°$, $\sin\theta = 0.06983$, $\cos\theta = 0.9976$; $V = 14/3.6 = 3.889$ m/s:

$$W\sin\theta = (824.0)(0.06983) = 57.54 \text{ N},$$

$$F_r = (0.0045)(824.0)(0.9976) = 3.699 \text{ N},$$

$$F_D = \tfrac{1}{2}(1.2)(0.28)(3.889)^2 = 2.541 \text{ N},$$

$$\dot{W} = (57.54 + 3.699 + 2.541)(3.889) = 248.0 \approx 248 \text{ W}.$$

Sürüklemenin payı $2.541/63.78 = \%3.98$'dir. Yokuşta güç çoğunlukla yükselmeye gider; aerodinamik konumun yararı küçüktür, kütle önemlidir.

c. Havaya göre bağıl hız $10.556 + 6 = 16.556$ m/s:

$$F_D = \tfrac{1}{2}(1.2)(0.28)(16.556)^2 = 46.05 \text{ N},$$

$$\dot{W} = (46.05 + 3.708)(10.556) = 525.2 \approx 525 \text{ W}.$$

Güç, kuvvetin *yer hızıyla* çarpımıdır (bisikletçi yere göre yol alır). Karşı rüzgâr gereken gücü iki katından fazla artırır.

CEVAP a. yaklaşık 237 W, %83.5'i sürükleme b. 248 W, sürükleme %3.98 c. 525 W

10 SIKIŞTIRILABİLİR AKIŞ

10.8

← Soru

a. Dış basınç $0 < 0.5283\,P_0$; delikte $Ma = 1$ olur, akış boğulur. $A = \pi(0.006)^2/4 = 2.827 \times 10^{-5}$ m^2:

$$\dot{m} = AP_0\sqrt{\frac{k}{RT_0}}\left(\frac{2}{2.4}\right)^3,$$

$$\dot{m} = (2.827 \times 10^{-5})(101\,300)\,\frac{0.06984}{\sqrt{295}}\,(0.5787),$$

$$\dot{m} = 6.74 \times 10^{-3} \text{ kg/s} = 6.74 \text{ g/s}.$$

b. Çıkış kritik hâldedir:

$$T^* = 0.8333\,(295) = 245.8 \approx 246 \text{ K},$$

$$P^* = 0.5283\,(101.3) = 53.51 \approx 53.5 \text{ kPa},$$

$$V^* = \sqrt{(1.4)(287)(245.8)} = 314.3 \approx 314 \text{ m/s}.$$

Jet çıkışta boşluğa göre çok yüksek basınçtadır ve dışarıda genleşmeyi sürdürür.

c. Modüldeki hava kütlesi:

$$m = \frac{P_0 V}{RT_0} = \frac{(101\,300)(100)}{(287)(295)} = 119.6 \text{ kg},$$

$$t = \frac{0.01\,(119.6)}{6.74 \times 10^{-3}} = 177.5 \approx 178 \text{ s},$$

yaklaşık 3 dk. Küçük bir delik bile mürettebata tahliye için yalnız birkaç dakikalık uyarı payı bırakır; debi delik alanıyla, yani çapın karesiyle artar.

CEVAP a. boğulmuş, 6.74 g/s b. 246 K, 53.5 kPa, 314 m/s c. 178 s

10.10

← Soru

Ağızda kritik basınç $0.5283\,P_0$, $P_0 > 191.8$ kPa oldukça atmosfer basıncından büyüktür; bu sürede akış boğulmuştur. $A = \pi(0.004)^2/4 = 1.257 \times 10^{-5}$ m^2 ve $C = \sqrt{k/R}\,(2/2.4)^3 = 0.04042\ \sqrt{\text{K}}\cdot\text{s/m}$:

$$\dot{m} = \frac{CAP_0}{\sqrt{T_0}}.$$

a. Başlangıçta:

$$\dot{m}_i = \frac{(0.04042)(1.257 \times 10^{-5})(800\,000)}{\sqrt{295}},$$

$$\dot{m}_i = 0.02366 \approx 0.0237 \text{ kg/s}.$$

b. Tüpteki kütle $m = P_0V/(RT_0)$, T_0 sabit:

$$\frac{V}{RT_0}\frac{dP_0}{dt} = -\frac{CAP_0}{\sqrt{T_0}},$$

$$\frac{dP_0}{P_0} = -\frac{dt}{\tau},$$

$$\tau = \frac{V}{R\sqrt{T_0}\,CA},$$

$$\tau = \frac{0.05}{(287)(17.18)(0.04042)(1.257 \times 10^{-5})},$$

$$\tau = 19.97 \approx 20.0 \text{ s}.$$

Kontrol: τ, başlangıçtaki kütlenin (0.4725 kg) başlangıç debisine oranıdır.

c. Boğulma $P_0 = 191.8$ kPa'ya kadar sürer:

$$t = \tau \ln\frac{800}{191.8} = 19.97\,(1.428) = 28.5 \text{ s}.$$

Sıcaklık sabit olduğundan kalan kütle oranı basınç oranına eşittir: $191.8/800 = 0.240$, yani %24.0 (0.113 kg). Gerçekte hızlı boşalmada tüp soğur; basınç

ertansinansahin.com

daha hızlı düşer ve sabit sıcaklık kabulü boğulma süresini biraz uzun verir (adyabatik sınırda yaklaşık 22.6 s).

CEVAP a. 0.0237 kg/s b. $\tau = 20.0$ s c. 28.5 s; %24.0

12 TURBOMAKİNELER

12.3

← Soru

İşletme noktasında pompa yükü sistemin gerektirdiği yüke eşittir.

a. Eşitlik:

$$38 - 0.0055\,\dot{V}^2 = 22 + 0.0036\,\dot{V}^2,$$

$$\dot{V}^2 = \frac{16}{0.0091} = 1758,$$

$$\dot{V} = 41.93 \approx 41.9 \text{ L/s},$$

$$H = 22 + 0.0036(1758) = 28.33 \approx 28.3 \text{ m}.$$

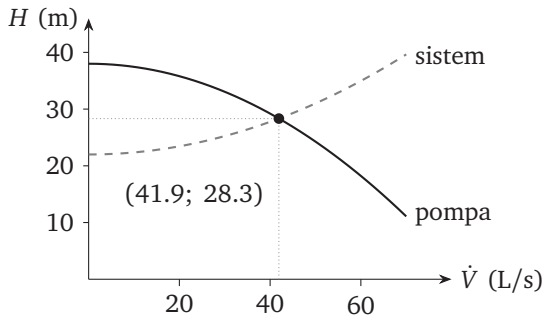
b. $\dot{V}/48 = 0.8736$:

$$\eta = 0.78\left[2(0.8736) - (0.8736)^2\right] = 0.7675 \approx 0.768,$$

$$\dot{W}_{\text{mil}} = \frac{(1000)(9.81)(0.04193)(28.33)}{0.7675},$$

$$\dot{W}_{\text{mil}} = \frac{11.65 \text{ kW}}{0.7675} = 15.18 \approx 15.2 \text{ kW}.$$

Pompa en yüksek verim noktasına (48 L/s) yakın, biraz solunda çalışmaktadır.



c. Statik yük 25 m:

$$\dot{V}^2 = \frac{13}{0.0091}, \quad \dot{V} = 37.80 \approx 37.8 \text{ L/s}.$$

Debi $(41.931 - 37.796)/41.931 = \%9.86$ azalır. Statik yük 38 m'ye (pompanın sıfır debideki yüküne) ulaşırsa pompa hiç su basamaz.

CEVAP a. 41.9 L/s, 28.3 m b. $\eta = 0.768$, 15.2 kW c. 37.8 L/s, %9.86 azalır

12.16

← Soru

Net yük $H = 12 - 0.6 = 11.4$ m.

a. Güç zinciri:

$$\rho g \dot{V} H = (1000)(9.81)(140)(11.4) = 15.66 \text{ MW},$$

$$\dot{W}_{\text{mil}} = (0.91)(15.66) = 14.25 \approx 14.2 \text{ MW},$$

$$\dot{W}_e = (0.97)(14.25) = 13.82 \approx 13.8 \text{ MW}.$$

b. $\omega = 2\pi(107.1)/60 = 11.22$ rad/s, $gH = 111.8 \text{ m}^2/\text{s}^2$:

$$N_{St} = \frac{(11.22)(14.25 \times 10^6)^{1/2}}{(1000)^{1/2}(111.8)^{5/4}},$$

$$N_{St} = \frac{(11.22)(3775)}{(31.62)(363.7)} = 3.683 \approx 3.68.$$

$N_{St} > 2$: Kaplan (eksenel akışlı) türbin uygundur. Alçak düşü ve büyük debi Kaplan'ın tipik alanıdır.

c. $N_{St} \propto \omega$ olduğundan $N_{St} = 1$ için $\omega = 11.22/3.683 = 3.046$ rad/s, yani $n = 29.09 \approx 29.1$ dev/dk. Bu kadar yavaş dönen bir jeneratör çok sayıda kutup gerektirir, çok büyük ve pahalı olur; çark da devasa olurdu. Alçak düşüde yüksek özgül hızlı türbin seçilir.

CEVAP a. 14.2 MW (mil), 13.8 MW (elektrik) b. $N_{St} = 3.68$; Kaplan c. 29.1 dev/dk; uygulanamayacak kadar yavaş

ertansinansahin.com

KİTABIN TAMAMINDA

- 7 ünite, 140 soru ve hepsinin adım adım çözümü.
- Her ünitenin başında, soruların dayandığı bağıntıları özetleyen hatırlatma kutusu.
- Temel, orta ve ileri düzeyde sorular; her sorunun altında kendi çözümünüz için noktalı alan.
- Sorudan çözüme, çözümden soruya tek tıkla geçiş.

ertansinansahin.com