

توان ده : انواع توربین

انواع توربو ماشین

توان گیر : پمپ ، فن ، کمپرسور

انواع توربو ماشین : استراکم پمپ ، تراکم ناپذیر

انواع توربو ماشین : ۱- سانتریفیوژ (مغز) ۲- محوری ۳- مختلط

توربو ماشین : از دو کلمه توربو و ماشین تشکیل شده است. توربو کلمه ای است با ریشه لاتین به معنای چرخنده.

توربو ماشین ها ماشین های هستند که از یک یا چند چرخ که بر روی محور محکم و با آن درازان و گنند تشکیل شده اند. هر چرخ از تعدادی پروانه که به صورت متقابل نسبت به محور قرار گرفته اند تشکیل می شوند. سیال جری عبور از بین پروانه ها با چرخ تبادل انرژی انجام می دهد.

پروانه (Impeller) - پمپ و فن

روتور (Rotor) - توربین گاز ، کمپرسور

رانر (Runner) - توربین آب

چرخ

انواع تقسیم بندی :

I از نظر تراکم پذیری

انواع پمپ

توربین آبی

وانتیلاتور با نسبت فشار کم (فن)

توربین گاز

توربین بخار

کمپرسور

Fan - تراکم ناپذیر

Blower - تراکم ناپذیر

Compressor - تراکم پذیر

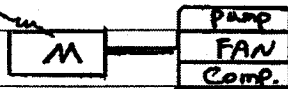
وانتیلاتور

(II) تباطؤ انرژی

توان ده - انرژی سیال به چرخ منتقل می شود و چرخ در حال می کند - انواع تویبین



توان گیر - انرژی مکانیکی از چرخ به سیال منتقل می شود - پمپ، فن، کمپرسور



(III) مسیر حرکت سیال در چرخ:

سانتریفیوژ (Centrifugal) - شعاعی - بر روی پهن

محوری (Axial)

نیمه سانتریفیوژ و یا مختلط (Mixed)

(IV) از نظر تغذیه چرخ:

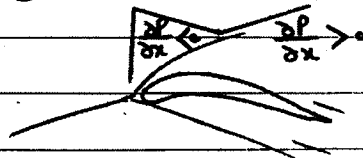
کامل - سیال اطراف چرخ را به طور کامل فرا می گیرد و سیال از تمام سطح چرخ وارد آن می شود

ناقص - سیال از یک یا چند قسمت وارد سطح درده چرخ می شود - تویبین پلتون

(V) تغییرات فشار استاتیک

Impulse (ضربه ای) - فشار استاتیک در صحن عبور از چرخ ثابت می ماند

Reaction (عکس العمل) - فشار در صحن عبور از چرخ تغییر می کند

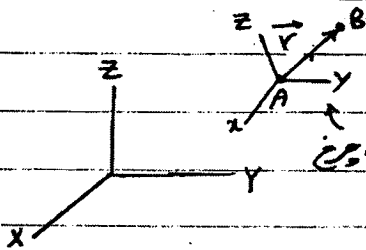


۳

۱- حاصل کننه ۲- جیح ۳- دینور دیند ۴- جمع کننه

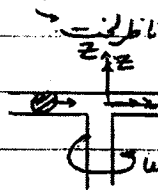
مختار توریان

معمولا توریانین ماسیله- میراز اولادین قیاموش کردن  
مقصدی بر کانیق بیلات



$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_B|_R + \vec{\omega} \times \vec{r}_{AB}$$

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_B|_R + \vec{\alpha} \times \vec{r}_{AB} + \vec{\omega} \times \vec{\omega} \times \vec{r}_{AB} + 2\vec{\omega} \times \vec{v}_B|_R$$



$$\vec{a}_B = 2\vec{\omega} \times \vec{v}_B|_R$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \nabla \cdot p\vec{v} = 0 \Rightarrow \nabla \cdot \vec{v} = 0 \Rightarrow \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

$$\rho \frac{D\vec{v}}{Dt} = \rho \vec{g} - \nabla p + \mu \nabla^2 \vec{v} \quad (N.S.)$$

$$x\text{-Mom: } \rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = \rho g_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right)$$

$$\delta Q - \delta W = dE$$

$$e = u + gz + \frac{v^2}{2}$$

$$\frac{ds}{dt} \geq \frac{Q}{T}$$

این (4) جمله

$\rho = f(\rho, T)$  و

$\tau = \mu \frac{\partial u}{\partial y}$

قصد انتقال بینهایت



$$N = \begin{cases} N = m \\ N = \vec{P} = m\vec{V} \\ N = \vec{H} = \vec{r} \times m\vec{V} \\ N = E \end{cases} \quad \frac{dN}{dt} \Big|_{sys} = \frac{d}{dt} \left( \int_{C.V.} \rho dV \right) + \int_{C.S.} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

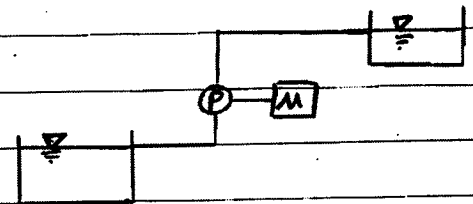
$$① \quad \rho = \frac{d}{dt} \int_{C.V.} \rho dV + \int_{C.S.} \rho \vec{V} \cdot d\vec{A}$$

$$② \quad \begin{cases} N = m\vec{V} \\ \eta = \vec{V} \end{cases} \quad \sum \vec{F} = \frac{d}{dt} \int_{C.V.} \vec{V} \rho dV + \int_{C.S.} \vec{V} (\rho \vec{V} \cdot d\vec{A})$$

$$③ \quad \begin{cases} N = \vec{H} = \vec{r} \times m\vec{V} \\ \eta = \vec{r} \times \vec{V} \end{cases} \quad \sum \vec{T} = \frac{d}{dt} \int_{C.V.} \vec{r} \times \vec{V} \rho dV + \int_{C.S.} \vec{r} \times \vec{V} (\rho \vec{V} \cdot d\vec{A})$$

$$④ \quad \begin{cases} N = E \\ \eta = e \end{cases} \quad Q - W = \frac{d}{dt} \int_{C.V.} e \rho dV + \int_{C.S.} \left( h + \frac{V^2}{2} + gz \right) (\rho \vec{V} \cdot d\vec{A})$$

توجه: به این اطلاق می شود که انرژی مکانیکی را از یک منبع خارجی (موتور) گرفته و به سیال منتقل می کنند



دینامیک: انتقال انرژی به سیال به صورت دائمی صورت می پذیرد صورتی که در آن

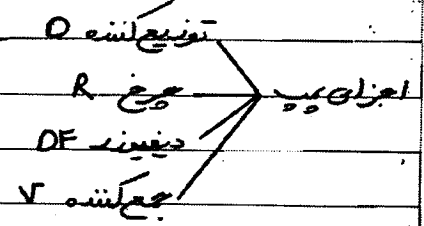
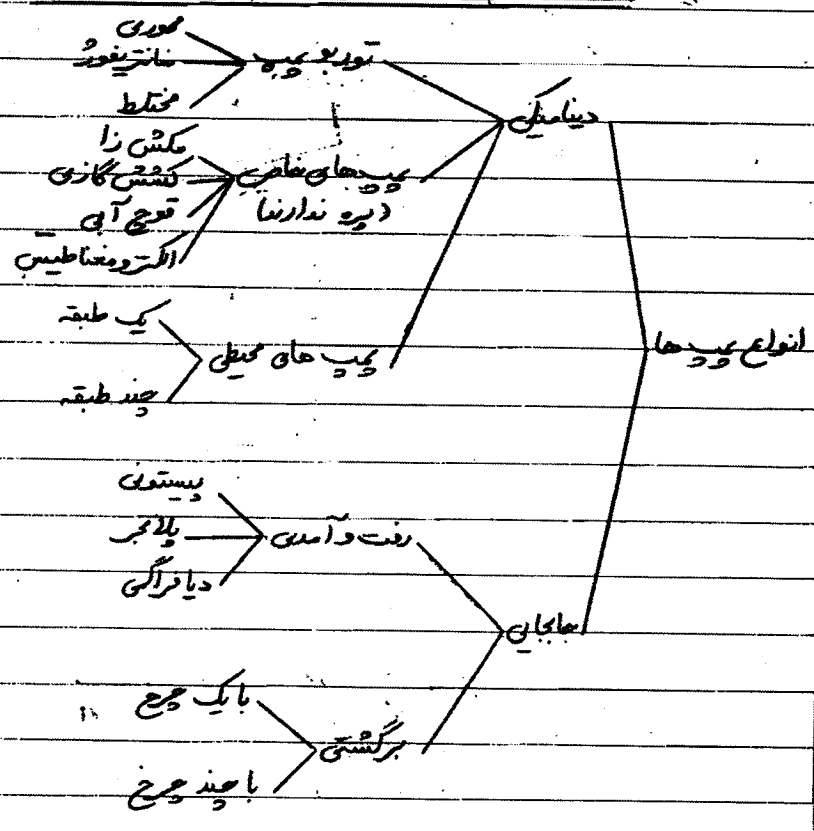
جابجایی مثبت: انتقال انرژی به سیال به صورت متناوب صورت می گیرد

توجه: نسبت پایش هم به نسبت عرض و نیز پایش

عدم نیاز به تبدیل حرکت رفت و برگشتی به دوران

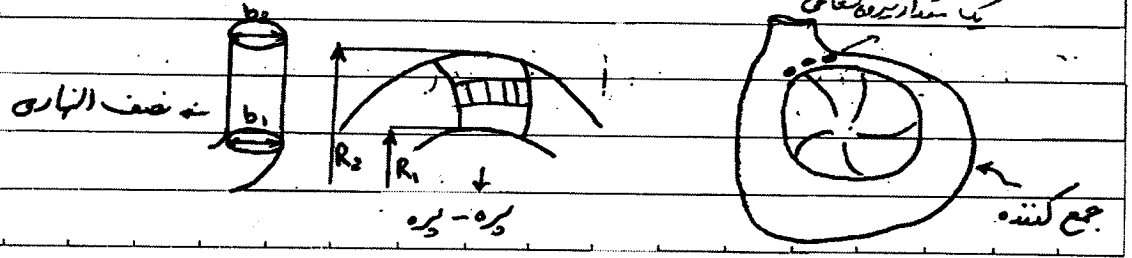
سید محمد صفیر سبحانی  
 حد لیب (الکلیس) = طول سطح الکلیس

حد بالا - فشار بالا - بر خاطر نیروی گریز از مرکز  
 دبی پایین یا متوسط  
 توریون پمپ  
 محوری  
 حد پایین فشار پایین - دبی زیاد  $Q = v \cdot A$  زیاد  
 مختلط

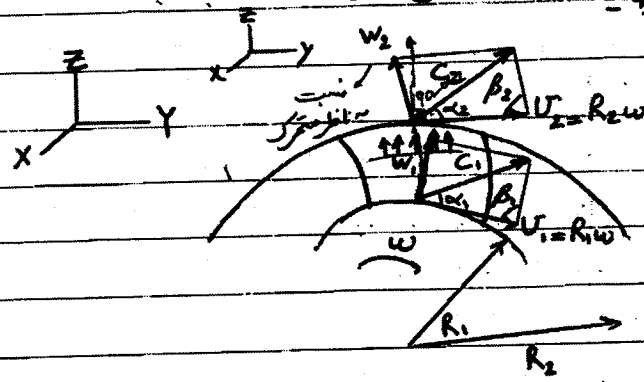


محاسبه نیروی گریز از مرکز

1. حساب کننده
2. مرجع
3. دیفندر  $DF$  و جمع کننده  $V$



فرضه‌ها یک بعدی } جریان دائم  
 پروفیل سرعت یکنواخت  
 تعداد یوهای بینهایت - زاویه خروج مابین



$$\vec{C}_2 = \vec{C}_1 + \vec{C}_2/R + \vec{W}_2 \times \vec{r}_{ab}$$

$$\angle \vec{C}_2, \vec{U}_2 = \alpha_2$$

$$\angle \vec{W}_2, \vec{U}_2 = \beta_2$$

ارتفاع مابین سرعت، سرعت چرخش  $U_2$  و  $Q_2$   $C_m$

$$\begin{cases} C_u = C \cdot \cos \alpha \\ C_m = C \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad \begin{cases} W_u = W \cdot \cos \beta \\ W_m = W \cdot \sin \beta \end{cases}$$

مابین یوهای

$$0 = \int_{c.s.} \rho \vec{c} \cdot d\vec{A} + \frac{d}{dt} \int_{c.v.} \rho dV \Rightarrow \dot{m} = \int_A \rho \vec{c} \cdot d\vec{A} = \int \rho C \sin \alpha \cdot dA$$

$$\Rightarrow \dot{m} = \frac{\rho C \sin \alpha \cdot A}{C_m} = \rho C_m A$$

$$\text{با توجه به} \quad 0 = \int_{c.s.} \rho \vec{W} \cdot d\vec{A} \Rightarrow \dot{m} = \frac{\rho W \sin \beta A}{W_m} = \rho W_m A \Rightarrow Q_2 C_m A = W_m A$$

ارتفاع مابین سرعت

$$\Sigma F = \int_{c.s.} \vec{c} (\rho \vec{c} \cdot d\vec{A}) \Rightarrow \Sigma F_x = \int_{A_2} C_{x2} (\rho C_{m2} dA_2) - \int_{A_1} C_{x1} (\rho C_{m1} dA_1)$$

$$\Rightarrow \Sigma F_x = \dot{m} (C_{x2} - C_{x1}) \text{ (در راستای x)}$$

مابین گشتاورهای (اولی)

$$\Sigma T = \frac{d}{dt} \int_{c.v.} \vec{r} \times \vec{c} (\rho dV) + \int_{c.s.} (\vec{r} \times \vec{c}) \rho \vec{c} \cdot d\vec{A} \Rightarrow M'' = \int R C \cos \alpha (\rho \vec{c} \cdot d\vec{A})$$

$$\Rightarrow M'' = \int_{A_2} R_2 C_2 \cos \alpha_2 (\rho C_{m2} dA_2) - \int_{A_1} R_1 C_1 \cos \alpha_1 (\rho C_{m1} dA_1)$$

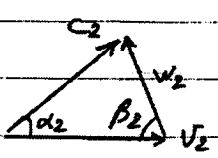
گشتاورهای در راستای

و  $M' = \rho \int V_2 C_2 \cos \alpha_2 (P_2 C_{m2} dA_2) - \int V_1 C_1 \cos \alpha_1 (P_1 C_{m1} dA_1)$

$P'' = M' u \Rightarrow P'' = \int_{A_2} V_2 C_2 \cos \alpha_2 (P_2 C_{m2} dA_2) - \int_{A_1} V_1 C_1 \cos \alpha_1 (P_1 C_{m1} dA_1)$

$\Rightarrow \begin{cases} M'' = m'' (R_2 C_2 \cos \alpha_2 - R_1 C_1 \cos \alpha_1) \\ P'' = m'' (V_2 C_2 \cos \alpha_2 - V_1 C_1 \cos \alpha_1) \\ E'' = \frac{P''}{m''} = (V_2 C_2 \cos \alpha_2 - V_1 C_1 \cos \alpha_1) \rightarrow [gh] = \frac{m^2}{s^2} \end{cases}$

$H'' = \frac{P''}{g m''} = \frac{1}{g} (V_2 C_2 \cos \alpha_2 - V_1 C_1 \cos \alpha_1) = \frac{1}{g} (V_2 C_{u2} - V_1 C_{u1})$



$H'' = \frac{1}{g} (V_2 C_2 \cos \alpha_2 - V_1 C_1 \cos \alpha_1) = \frac{1}{g} (V_2 C_{u2} - V_1 C_{u1})$

$W^2 = V^2 + C^2 - 2VC \cos \alpha \Rightarrow VC \cos \alpha = \frac{1}{2} (C^2 + V^2 - W^2)$

در این رابطه، ضریب عملکرد را می توان به صورت زیر نوشت:

$H'' = \frac{1}{2g} [(C_2^2 - C_1^2) + (V_2^2 - V_1^2) + (W_1^2 - W_2^2)]$

$H''_{dyn} = \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} = \text{ارتفاع دینامیک} , \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2g} + \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g} = \text{ارتفاع پتانسیل} = H''_{Pot}$

$A = \frac{H''_{Pot}}{H''}$  ضریب عملکرد: نسبت ارتفاع پتانسیل به ارتفاع ادر می باشد.

$H'' = \frac{1}{2g} [(C_2^2 - C_1^2) + (W_1^2 - W_2^2)]$

قانون اول ترمودینامیک:

$Q + m(u_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{C_1^2}{2} + gz_1) = m(u_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{C_2^2}{2} + gz_2) + W$

$\Rightarrow E'' = \frac{W}{m} = (\frac{P_2 - P_1}{\rho}) + (\frac{C_2^2 - C_1^2}{2}) + g(z_2 - z_1) + [(u_2 - u_1) - \frac{Q}{m}]$

$\Rightarrow H'' = \frac{W}{mg} = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + h_{L1-2}$

۱

قانون دوم ترمودینامیک:

$s_2 - s_1 \geq \int \frac{\delta Q}{T} \rightarrow s_2 - s_1 \geq 0$  آنتالپیک

$$H'' = \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g} + \frac{w_1^2 - w_2^2}{2g}$$

مساحت قرار دادن  $\rightarrow$

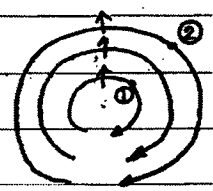
$$H'' = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + h_{L1-2} \quad \text{با فرض نظریه} \quad \frac{P_2 - P_1}{\gamma} = \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g} + \frac{w_1^2 - w_2^2}{2g}$$

$$\rightarrow \frac{P_1}{\gamma} + \frac{w_1^2}{2g} + \frac{U_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{w_2^2}{2g} + \frac{U_2^2}{2g} + z_2 + h_{L1-2}$$

معادله انرژی برای جریان متحرک



$w_1^2 - U_1^2 = w_2^2 - U_2^2$



$w_1 = w_2 = 0 \rightarrow \frac{P_1}{\gamma} + \frac{U_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{U_2^2}{2g}$  در گرداب

$\rightarrow \frac{P_2 - P_1}{\gamma} = \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g} \Rightarrow P_2 > P_1 \quad (U_2 > U_1)$  (نیروی)  $\rightarrow$

$A_1 = 2\pi R_1 b_1 \quad , \quad A_2 = 2\pi R_2 b_2$

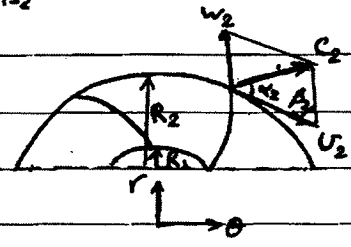
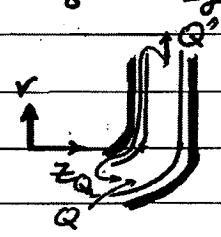
در رابطه هیدرولیکی و هندسی

$H'' = \frac{1}{g} (U_2 C_2 \cos \alpha_2 - U_1 C_1 \cos \alpha_1) = \frac{1}{g} (U_2 C_2 - U_1 C_1)$

$H'' = \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g} + \frac{w_1^2 - w_2^2}{2g} \quad , \quad E'' = g H''$  رابطه انرژی با (صرفاً از انتقال حرارت)

$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{c_1^2}{2g} + z_1 + H'' = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{c_2^2}{2g} + z_2 + h_{L1-2} / \frac{P_1}{\gamma} + \frac{w_1^2}{2g} + z_1 + \frac{U_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{w_2^2}{2g} + z_2 + \frac{U_2^2}{2g} + h_{L1-2}$

$H'' = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} + z_2 - z_1 + h_{L1-2}$





9

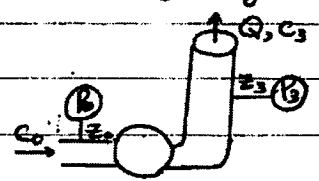
۱.۱ معادلات انرژی برای قسمت های مختلف:

$$\frac{P_0}{\gamma} + \frac{C_0^2}{2g} + z_0 = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{C_1^2}{2g} + z_1 + h_{L_{0-1}}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{C_1^2}{2g} + z_1 + H'' = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{C_2^2}{2g} + z_2 + h_{L_{1-2}} \quad \textcircled{+} \Rightarrow H'' = \frac{P_2 - P_0}{\gamma} + \frac{C_2^2 - C_0^2}{2g} + z_2 - z_0 + h_{L_{0-3}}$$

$$\frac{P_2}{\gamma} + \frac{C_2^2}{2g} + z_2 = \frac{P_3}{\gamma} + \frac{C_3^2}{2g} + z_3 + h_{L_{2-3}}$$

معادله انرژی برای کل سرب



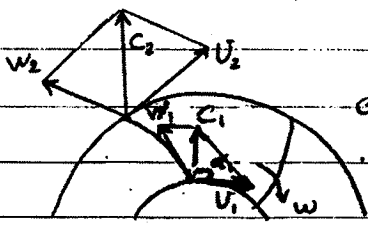
شماره اندازه گیری

$$H = \left( \frac{P_3}{\gamma} + \frac{C_3^2}{2g} + z_3 \right) - \left( \frac{P_0}{\gamma} + \frac{C_0^2}{2g} + z_0 \right)$$

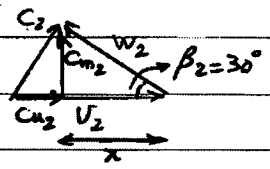
$$H'' = H + h_{L_{0-3}} \Rightarrow H'' > H \Rightarrow \eta_{CH} = \frac{H}{H''}$$

تلفات هیدرولیکی

حل:  $d_2 = 30 \text{ cm}$ ,  $N = 900 \text{ rpm}$ ,  $Q = 4000 \text{ L/min}$ ,  $\beta_2 = 30^\circ$   
 $b_2 = 5 \text{ cm}$ ,  $\alpha_1 = 90^\circ \Rightarrow H'' = ?$



\* معمولاً در طراحی  $\alpha = 90^\circ$  انتخاب می شود تا  $V_1 \cdot C_1 \cdot \cos \alpha_1 = 0$  شود و در نتیجه هد سرب افزایش یابد. برای انتخاب  $\alpha_1$  علاوه بر این باید از بردهای خاصی استفاده شود که صرف اقتصادی نباشد. اگر  $\alpha_1$  بزرگتر از  $90^\circ$  باشد



$$U_2 = R_2 \omega_2 = 0.15 \times \frac{900 \times 2\pi}{60} = 14.137 \text{ m/s}$$

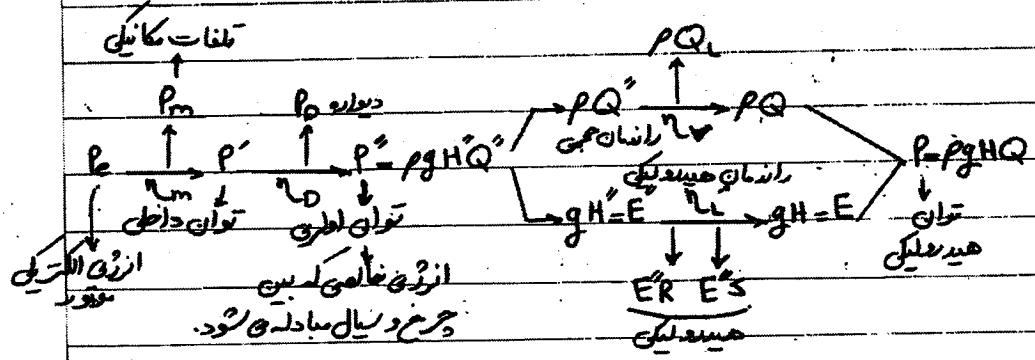
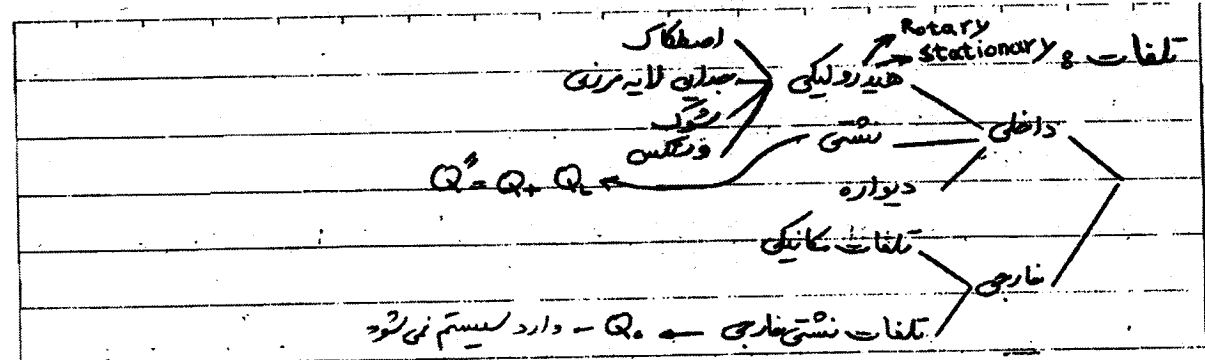
$$Q = (2\pi R_2 b_2) C_{m2} \Rightarrow C_{m2} = \frac{Q}{2\pi R_2 b_2}$$

$$\Rightarrow C_{m2} = \frac{4}{2\pi \times 0.15 \times 0.05} = 1.4 \text{ m/s}$$

$$\tan 30^\circ = \frac{C_{m2}}{x} \Rightarrow x = \frac{C_{m2}}{\tan 30^\circ} = \frac{1.4}{\tan 30^\circ} = 2.44 \text{ m/s} \Rightarrow C_{u2} = 14.137 \times 2.44 = 11.68 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow H'' = \frac{1}{g} (U_2 C_2 \cos \alpha_2 - U_1 C_1 \cos \alpha_1) = \frac{1}{g} \times 14.137 \times 11.68 = 16.83 \text{ m}$$

م



$$\eta_h = \frac{H}{H'} \quad \eta_v = \frac{Q}{Q''} = \frac{Q}{Q + Q_0}$$

$$\eta_0 = \frac{P''}{P'} = \frac{P''}{P' + P_0} \quad \eta_m = \frac{P'}{P_e} = \frac{P'}{P' + P_m}$$

$$\eta_{li} = \frac{P}{P'} = \eta_h \eta_v \eta_0 \quad (1)$$

$$\eta_{\phi} = \frac{P}{P_e} = \eta_{li} \eta_m = \eta_h \eta_v \eta_0 \eta_m \quad (2)$$

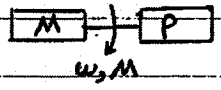
$$P_e = P'' \left( \frac{Q + Q_0}{Q} \right) + P_m \Rightarrow \eta_{Q_0} = \frac{Q}{Q + Q_0}$$

$$\Rightarrow \eta = \eta_m \eta_{li} \eta_{Q_0}$$

$$(1) \Rightarrow \eta_{li} = \frac{P}{P'} = \frac{P}{P''} \times \frac{P''}{P'} = \frac{\rho g H Q}{\rho g H' Q''} \times \frac{P''}{P'} = \frac{H}{H'} \times \frac{Q}{Q''} \times \frac{P''}{P'} = \eta_h \eta_v \eta_0$$

$$(2) \Rightarrow \eta_{\phi} = \frac{P}{P_e} = \frac{P}{P'} \times \frac{P'}{P_e} = \eta_{li} \eta_m = \eta_h \eta_v \eta_0 \eta_m$$

II

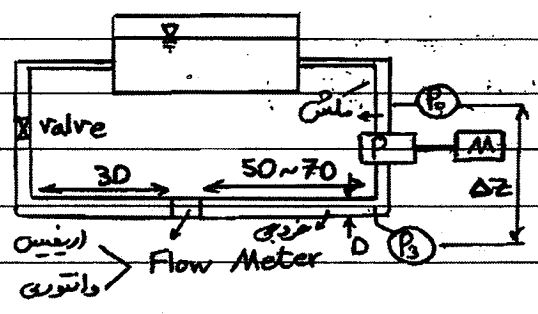
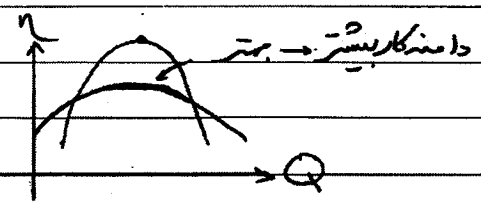
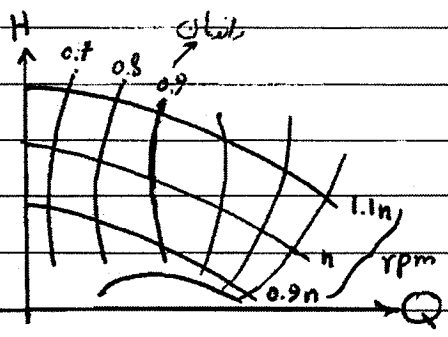
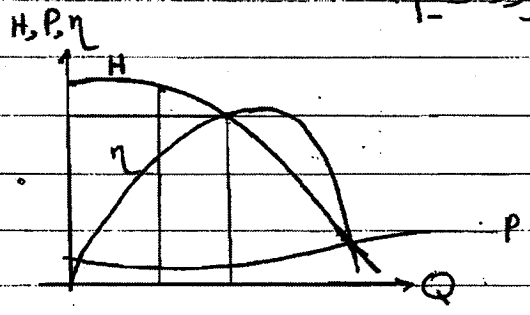


$$\eta = \frac{\rho g Q H}{P_e = (M \omega)}$$

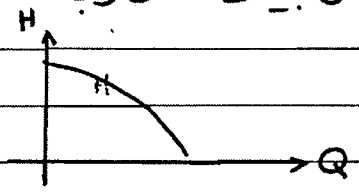
متغیرهای مستقل و متغیر وابسته:  $H, Q$   
متغیرهای وابسته:  $M, \omega$

سطح مستقل:

$$H = f(Q, \omega) \quad M = f(Q, \omega) \quad P = f(Q, \omega) \quad \eta = f(Q, \omega)$$

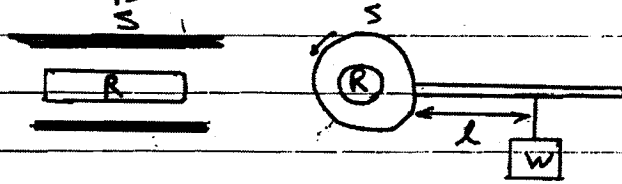


نیاز تست پمپ: قطر مکش بیشتر از قطر خروجی است.



$$H = \frac{P_3 - P_0}{\gamma} + \frac{C_3^2 - C_0^2}{2g} + (z_3 - z_0)$$

\* برای محاسبه گشتاور و استاتور یا با قرار دادن یا انتخاب های معقول بکنیم



$$M = lW$$

$$P = P_e = M\omega$$

حال برای محاسبه گشتاور داریم:

$$\eta = \frac{\rho g H Q}{M \omega}$$

Pump: 100 mm 200 mm

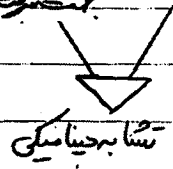
قطر ورودی (D<sub>1</sub>) قطر خروجی (D<sub>2</sub>)

\* در نمودار های مشخص:

تساوی:  $\omega$  و  $\eta$  بین عملکرد مدل از نوع مدولیت

تعیین انواع مناسب یک ماشین بر اساس انتخاب بستن برای هندسه سرعت و دبی معین

انواع تساوی: ① تساوی هندسی ② تساوی سینوسی ③ تساوی بیضیاتی ④ تساوی بیضیاتی



\* برای طراحی یک پمپ باید روی انتخاب نمودار  $Q, N, H$  مشخص، بستن بانه با دالت انتخاب نمودار

$$gH = f_1(Q, N, D, \rho, \mu, l_1, l_2, \dots)$$

$$\eta = f_2(Q, N, D, \rho, \mu, l_1, l_2, \dots)$$

$$P_e = f_3(Q, N, D, \rho, \mu, l_1, l_2, \dots)$$

$$\Psi = \frac{gH}{(ND)^2} = f_4\left(\frac{Q}{ND^3}, \frac{\rho ND^2}{\mu}, \frac{l_1}{D}, \dots\right)$$

$$\eta = f_5\left(\frac{Q}{ND^3}, \frac{\rho ND^2}{\mu}, \frac{l_1}{D}, \dots\right)$$

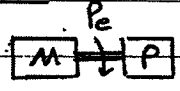
$$\hat{P} = \frac{P_e}{\rho N^3 D^5} = f_6\left(\frac{Q}{ND^3}, \frac{\rho ND^2}{\mu}, \frac{l_1}{D}, \dots\right)$$

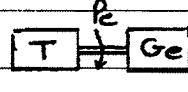
$$\left\{ \begin{array}{l} \psi = \frac{gH}{\omega D^2} \rightarrow \text{گروه بی بعد عدد} \\ \phi = \frac{Q}{ND^3} \rightarrow \text{گروه بی بعد عدد} \\ \hat{P} = \frac{P_e}{\rho N^3 D^5} \rightarrow \text{گروه بی بعد توان} \end{array} \right.$$

بنابراین:

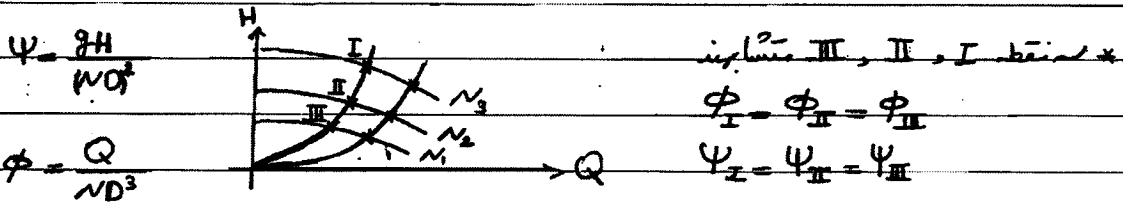
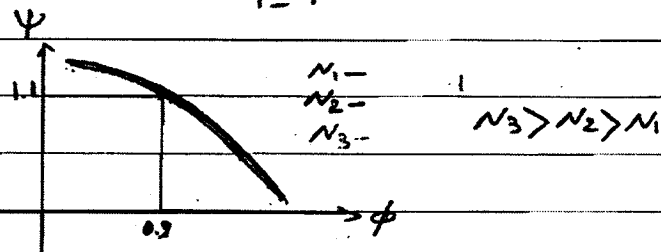
\* در اکثر موارد با دوال ثابت هستند و همچنین لازمی نتایج آزمایشگاه تأثیر عدد رینولدز بر  $\psi, \eta, \hat{P}$  ناچیز است.

برای تمام توربین‌ها  $\psi, \hat{P} = f\left(\frac{Q}{ND^3}\right) = f(\phi)$

برای پمپ  $\eta = \frac{\rho g H Q}{P_e} \rightarrow \hat{P} = \frac{\phi \psi}{\eta}$  

برای توربین  $\eta = \frac{P_e}{\rho g H Q} \rightarrow \hat{P} = \eta \phi \psi$  

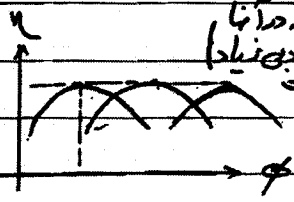
\* اگر نمودارها را بر اساس گروه‌های بی بعد کم کنیم، به حالتی مشابه بودن نمودارها طبق ضوابط  $\psi$



$H \propto N^2$   
 $Q \propto N$  → دالیتی دارد به همین دلیل در توربین‌ها  $N$  را زیاد می‌کنند.

۴

هندسه متغیر:

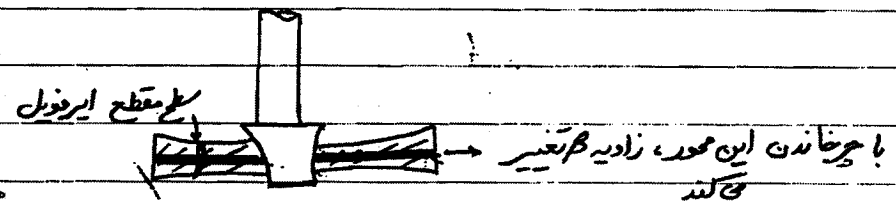


این اتفاق بیشتر برای توپین های عمودی می افتد (تغییرات دیوید) جایی که در آنجا (تغییرات دیوید) است

تغییر  $\beta$  → تغییر زاویه  $\phi$  →  $\beta \uparrow$

و بنابراین می توان در دو حالت مختلف با هم انرژیم گرفت

$$\left. \begin{aligned} \psi &= f_1(\phi, \beta) & \eta &= f_2(\phi, \beta) \\ \beta &= f_3(\eta, \phi) & &= f_4(\phi, \psi) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \eta = f_5(\phi, \psi)$$



بر حسب خصوصیات: برای شرایط خاص مساله و صنعتی توپینا تعیین نیاز است

$$\left. \begin{aligned} H \\ Q \\ N \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{Pump} = ? \quad \left. \begin{aligned} P \\ H \\ N \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{Turbine} = ?$$

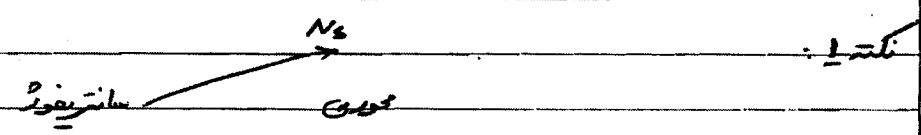
- N معمولاً ثابت -

$$\phi_1 = \frac{Q}{N D^3} \quad \psi_1 = \frac{gH}{N^2 D^2} \quad \hat{P} = \frac{P}{\rho N^3 D^5}$$

$$\psi_1 \text{ و } \phi_1 \text{ در } D \text{ بین } \Rightarrow N_s = \frac{\phi_1^{1/2}}{\psi_1^{3/4}} = \frac{N \sqrt{Q}}{(gH)^{3/4}} \quad \text{توپین} \quad N_s = \frac{N \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad \text{rpm}$$

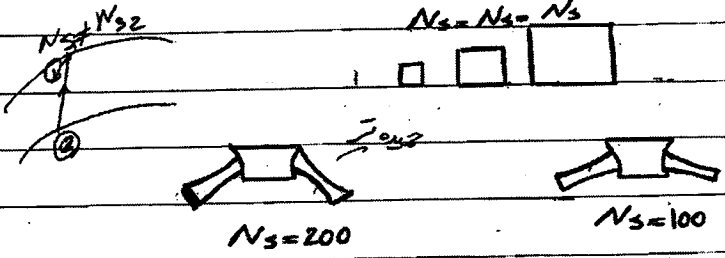
$$\psi_1 \text{ و } \hat{P} \text{ در } D \text{ بین } \Rightarrow N_s = \frac{\hat{P}^{1/2}}{\psi_1^{3/4}} = \frac{N \sqrt{P}}{\rho^{1/2} (gH)^{3/4}} \quad \text{توپین} \quad N_s = \frac{N \sqrt{P}}{H^{1.25}} \quad \text{KW}$$

\* سرعت مخصوص فقط در نقطه ایستایی تعریف می شود



نکته ۲: در توپین ها معمولاً N ثابت است

\* در توربین های متناوب  $N_s$  ها برابر است. (نقطه در شرایط پلانک بیسینا)



نقطه در شرایط پلانک بیسینا می توان  $N_s$  ها را مساوی قرار داد.

نسبت قسمت های مختلف و پایداری بر روی عملکرد  
عملیات کننده

$$H = \eta_H H' = \eta_H \frac{U_2}{g} (U_2 C_2 \cos \alpha_2 - U_1 C_1 \cos \alpha_1) = \frac{\eta_H U_2}{g} (C_2 \cos \alpha_2 - \frac{R_1 C_1 \cos \alpha_1}{R_2})$$

اگر  $\alpha_1 < 90^\circ$   $\rightarrow C_1 U_1 \cos \alpha_1 > 0$   $\rightarrow$  بهترین حالت  $\rightarrow$  ارتفاع میکسور  
چون در میکسور  $\alpha_1 = 90^\circ$   $\rightarrow C_1 U_1 \cos \alpha_1 = 0$   
اگر  $\alpha_1 > 90^\circ$   $\rightarrow C_1 U_1 \cos \alpha_1 < 0$   $\rightarrow$  بهترین حالت

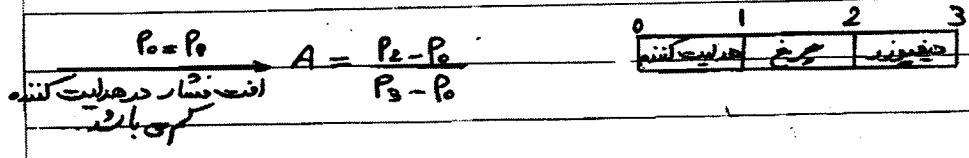
برای اینکه  $\alpha_1 > 90^\circ$  باشد باید عملیات کننده بجز به پروانه باشد که به سرعت مطلق در دوری مولفای در خلاف جهت چرخش می باشد. چون هزینه افزایش پیدا می کند از آن صرف نظر و  $\alpha_1 = 90^\circ$  در نظر گرفته می شود.

$$H' = \frac{1}{g} (U_2 C_2)$$

$$H'' = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} + h_{L1-2} \quad (\text{مرتقلان 2})$$

مرتقلان 2:  $h_{L1-2}$  (تفاوت در ضرایب تلفات)  $\rightarrow$  مرتقلان 2:  $h_{L1-2}$  (تفاوت در ضرایب تلفات)

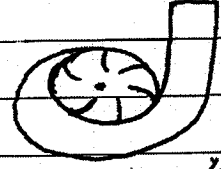
$$A = \frac{P_2 - P_1}{\rho g H} \Rightarrow A = \frac{P_2 - P_1}{P_3 - P_0} \quad (C_0 = C_3, Z_0 = Z_3)$$



$P_0 = P_0$   
انتشار در حالت کنته  
کمی باشد

$$A = \frac{P_2 - P_0}{P_3 - P_0}$$

دینوزر + جمع کتبه



$$\frac{C_2^2}{2g} = \frac{C_3^2}{2g} + \frac{P_3 - P_2}{\rho g} + h_{L2-3}$$

$C_3 = 0$  (موتور الکتریکی)  
 $C_2 = C_1$  (موتور الکتریکی)  
 $h_{L2-3} = 0$  (موتور الکتریکی)  
 $\frac{P_3 - P_2}{\rho g} = \frac{C_1^2}{2g} - \frac{C_2^2}{2g}$

با افزایش ارتفاع منشا استتیک (ارتفاع آب) در این

<p>مطلوب است توان سرعت</p> <p><math>H = 20m</math></p> <p><math>D = 35cm</math></p> <p>در دست</p>	<p>و بله مدل</p> <p><math>Q = 187.5 \frac{m^3}{s}</math></p> <p><math>H = 140m</math></p> <p><math>D = 4.5m</math></p> <p><math>N = 187.5 rpm</math></p> <p><math>\eta = 0.95</math></p>
---	--

$\psi = 211$   
 $\psi_p = \psi_m \rightarrow \frac{2.81 \times 140}{(187.5)^2 (4.5)^2} = \frac{2.81 \times 20}{N_m^2 \times 0.35^2} \rightarrow N_m = 911.1 rpm$

$\phi = \frac{Q}{ND^3} \rightarrow \phi_p = \phi_m \rightarrow \frac{187.5}{187.5 (4.5)^3} = \frac{Q_p}{911.1 (0.35)^3} \rightarrow Q_p = 0.428 \frac{m^3}{s}$

$\rightarrow Q_p = 1543 \frac{m^3}{hr}$   
 شبانه روزی است و در این زمان در این زمان با تمام توان کار می کند.

$\hat{P} = \frac{P}{N^3 D^5} \rightarrow \hat{P}_p = \hat{P}_m \rightarrow \frac{0.95 (2.81 \times 140 \times 187.5)}{187.5^3 \times 4.5^5} = \frac{P_m}{911.1^3 \times 0.35^5}$

$\rightarrow P_m = 13.2 MW$

نوع و انواع تناسب

- ① تناسب هندسی ← مقادیر طول با هم تناسب
- ② تناسب سینتیکی ← مقادیر نیرو: تناسب هندسی و سینتیکی
- ③ تناسب سینتیکی ← شرط لازم و نه کافی برای تناسب هندسی و سینتیکی است
- ④ در حالت اول مقادیر طول و سینتیکی و در حالت دوم مقادیر سینتیکی و سینتیکی

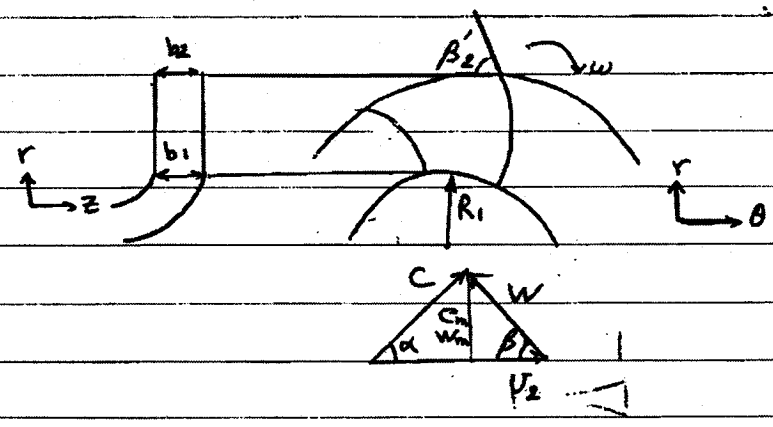
با ایند  
 هنگامیکه تناسب سینتیکی برقرار است، یعنی اینکه تمام گروه ها با هم بعد برابرند و همچنین تناسب هندسی و سینتیکی نیز برقرارند.



تساوی کامل:  $\frac{Q}{A}$  هندسی  $\frac{Q}{A}$  هندسی  
 تساوی پتانسیل  $\frac{Q}{A}$  هندسی  
 تساوی دینامیکی  $\frac{Q}{A}$  هندسی  
 همه گروه‌های بعد از هر یک گروه با هم برابر باشند، همه گروه‌های بعد با هم برابرند.

تساوی انرژی: یکی از گروه‌های بعد دانی توان برابر قرار داد.

معمولاً به این ترتیب:



فرض ما:

تعداد پروانه‌ها: زاویه خروجی  $\beta$  با زاویه ورودی برابر است.  
 یک جری

$$H'' = \frac{1}{g} (U_2 C_2 \cos \alpha_2 - U_1 C_1 \cos \alpha_1) \quad \alpha_1 = 90^\circ \rightarrow H'' = \frac{1}{g} U_2 C_2 \cos \alpha_2$$

از طرف:  $C_2 \cos \alpha_2 = C_{u2} = U_2 - C_{m2} \cot \beta_2'$

$$\rightarrow H'' = \frac{U_2^2}{g} - \frac{U_2}{g} C_{m2} \cot \beta_2' \quad (*)$$

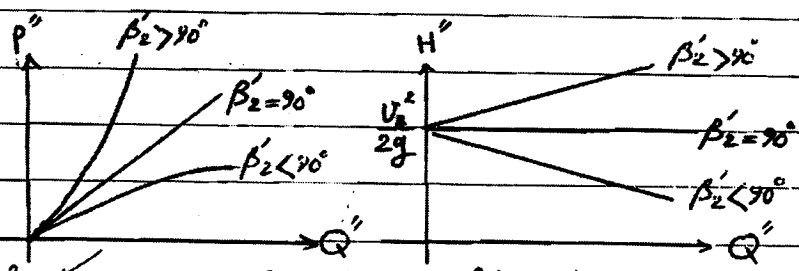
حجم:  $C_{m2} = \frac{Q'}{A_2}$ ,  $A_2 = 2\pi R_2 \times b_2 \times K_2$

$2\pi R_2 K_2 = 2\pi R_2 \times \frac{e_2}{\sin \beta_2'} \rightarrow K_2 = 1 - \frac{e_2}{2\pi R_2 \sin \beta_2'}$

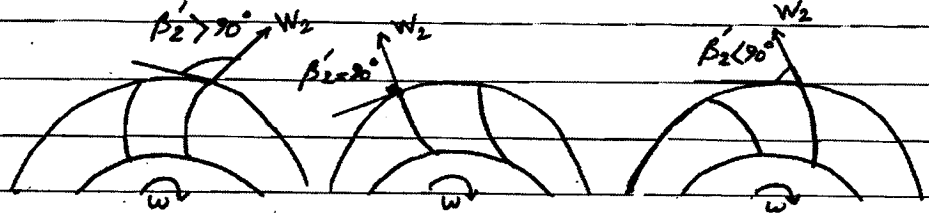
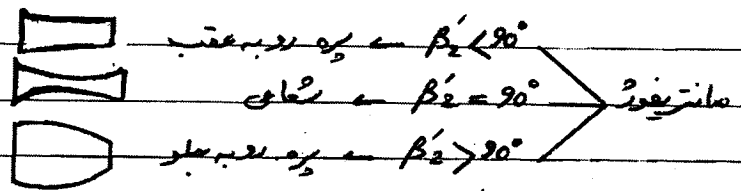
$$(*) \rightarrow H'' = \frac{U_2^2}{g} - \frac{U_2}{g} \frac{Q'}{2\pi R_2 b_2 K_2} \cot \beta_2'$$

$$H''_{\infty} = \frac{U_2^2}{g} - \frac{U_2}{g} \frac{Q''}{2\pi R_2 b_2 k_2} \cot \beta'_2$$

$$P''_{\infty} = \gamma Q'' H''_{\infty} = \gamma \left( \frac{U_2^2}{g} Q'' - \frac{U_2}{g} \frac{Q''^2}{2\pi R_2 b_2 k_2} \cot \beta'_2 \right)$$



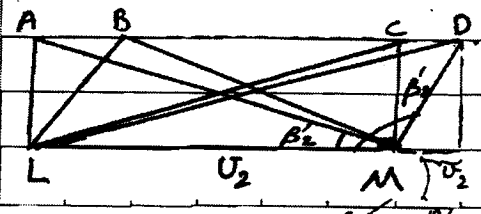
در اینجا دو رویه با افزایش بار دبی موتور زیاد می شود  
 در اینجا است در این حالت در این حالت در این حالت  
 (  $\beta'_2 < 90$  backward ,  $\beta'_2 = 90$  radial ,  $\beta'_2 > 90$  forward )  
 در این حالت در این حالت در این حالت  
 B R F



Backward \*  
 Radial \*  
 Forward \*

Backward \* : ضریب عکس العمل بالاتر از همیشه یعنی در این حالت  
 Radial \* : سرعت دوران بالا انتقال خنک کننده با جرم خنک کننده  
 Forward \* : در این حالت ارتفاع بیشتر تولید کنند سایر اجزا ← در این حالت

نمایه خروجی و ضریب عکس العمل



$$Cm_z = ct_c$$

$$U_2 = ct_c$$

در این حالت

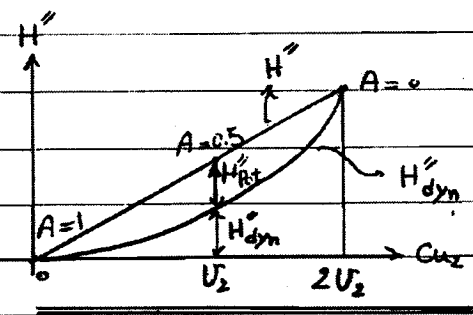
Backward ALM  $\rightarrow \beta_2' < 90^\circ \rightarrow C_{u2} = 0$   
 Radial CLM  $\rightarrow \beta_2' = 90^\circ \rightarrow C_{u2} = U_2$   
 Forward DLM  $\rightarrow \beta_2' > 90^\circ \rightarrow C_{u2} = 2U_2$

$$H'' = \underbrace{H''_{pot}}_{\text{دینامیک}} + \underbrace{H''_{dyn}}_{\text{پتانسیل}} = \frac{1}{g} U_2 C_{u2}$$

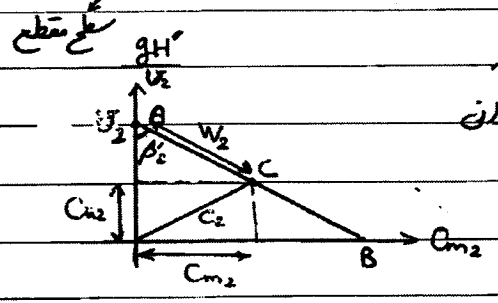
$$H''_{dyn} = \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} = \frac{C_2^2 - C_{m1}^2}{2g} \xrightarrow{A_1 = A_2} H''_{dyn} = \frac{C_2^2 - C_m^2}{2g} = \frac{C_{u2}^2}{2g}$$

$$\Rightarrow H''_{pot} = H'' - H''_{dyn} = \frac{C_{u2}}{g} (U_2 - \frac{C_{u2}}{2}) \Rightarrow A = \frac{H''_{pot}}{H''} = 1 - \frac{C_{u2}}{2U_2}$$

$\Delta$	$H''$	$H''_{dyn}$	$H''_{pot}$	A
ALM	0	0	0	1
LCM	$\frac{U_2^2}{g}$	$\frac{1}{2g} U_2^2$	$\frac{1}{2g} U_2^2$	0.5 $\beta_2' \uparrow \Rightarrow A \downarrow, \eta \downarrow$
DLM	$\frac{2U_2^2}{g}$	$\frac{2U_2^2}{g}$	0	0

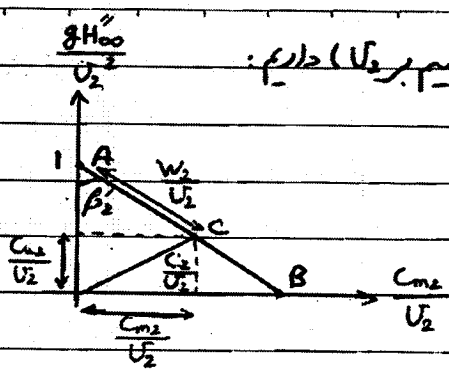


$$\frac{2H''_{pot}}{U_2} = U_2 \frac{Q'}{2\pi k_2 R_2 b_2} \cot \beta_2' = U_2 - C_{m2} \cot \beta_2'$$

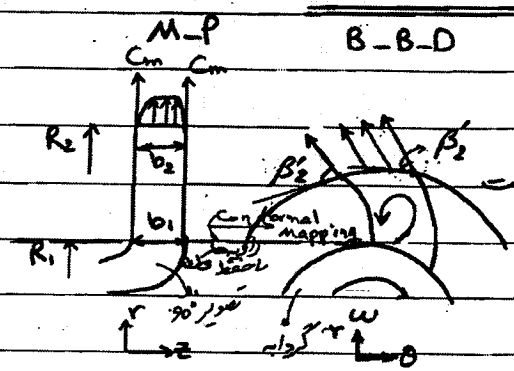


AB:  $\beta_2'$  زاویه بین  $U_2$  و  $W_2$   
 زاویه  $\beta_2'$  آن بوده که  $W_2$  در آن  
 $W_2$  می‌چرخد و کند

با نرمالیز کردن نمودار صفحه قبل (تقسیم بر  $U_2$ ) داریم:



\* برای پهنای صفحه معمولاً از  $18^\circ < \beta_2' < 30^\circ$  استفاده می‌شود



- تقسیم فضیات متوجه یک بعدی:
- برای جریان یک بعدی فرض کردیم:
- ① تعداد پروانه‌ها
- ② پروفیل سرعت
- ③ جریان یک بعدی

\* تقسیم اولیه جریان پتانسیل (بعدی لزجت) برای طراحی استفاده می‌شود. در صورت لزوم با روش دیگر تقسیم  
 Quasi 3D-Metral: جریان استاد صفحه B-B یک بعدی فرض شده و تأثیر دو بعدی بودن در

صفحه MP بررسی می‌شود و با الکترون

$$H_{\infty}^{\text{Non Uniform}} = \frac{U_2^2}{g} - \frac{U_2}{g} (K) C_{m2} \cot \beta_2' \quad \beta_2 = \beta_2' \quad \rightarrow \boxed{K > 1}$$

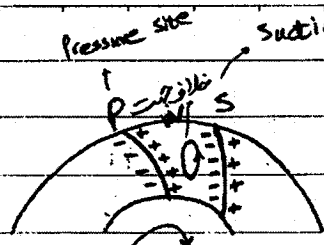
$$H_{\infty}^{\text{Uniform}} = \frac{U_2^2}{g} - \frac{U_2}{g} C_{m2} \cot \beta_2' \quad (\text{یک بعدی}) \quad \downarrow \quad H_{\infty-NU} < H_{\infty-U}$$

در بعضی مراجع دیگر داریم:

$$C_H = \frac{H_{\infty-NU}}{H_{\infty-U}} = (1-K) \left( \frac{U_2}{C_{u2}} \right) + K \rightarrow C_H < 1$$

$$C_H = (1-K) \frac{U_2}{C_{u2}} + K$$

$\frac{U_2}{C_{u2}} \approx 2$  ← Backward gliding

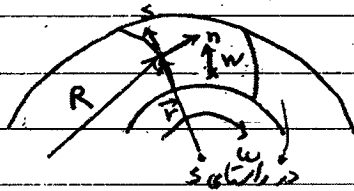


شکل برآورد اول بهتر  
در تمام تغییرات  
کدام تغییرات  
وجود دارد

ضریب افزایش  
این اختلاف فشار باعث به وجود آمدن گردابه می شود  
گسترده و در برخی از طریق پروفایل میانه منتقل می شود  
طرفین هر پره اختلاف فشار متناسب با گسترده ایجاد می شود  
با کاهش پروفایل هر پره افزایش یافته و اختلاف فشار در طرفین آن  
زیاده تر می شود بنابراین یک گردابه در امتداد محیط از سطح پروفیل به کم فشار وجود دارد

$$\begin{cases} H'' = \frac{U_2^2}{g} - \frac{U_2}{g} \cdot \frac{Q'}{2\pi R_2 b_2 K_2} \cot \beta_2 \\ H''_0 = \frac{U_2^2}{g} - \frac{U_2}{g} \cdot \frac{Q'}{2\pi R_2 b_2 K_2} \cot \beta'_2 \end{cases} \quad \beta_2 < \beta'_2 \Rightarrow H'' < H''_0$$

س = اختلاف افزایش  $\delta = \beta'_2 - \beta_2$



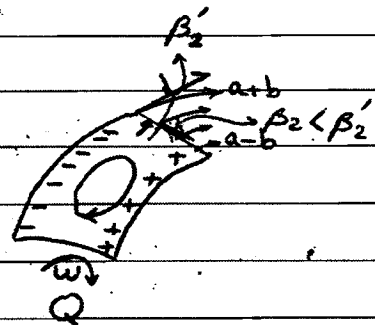
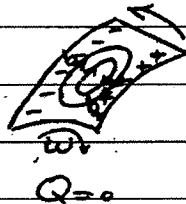
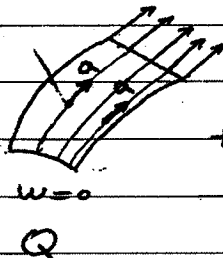
شکل برآورد برآورد مرکز

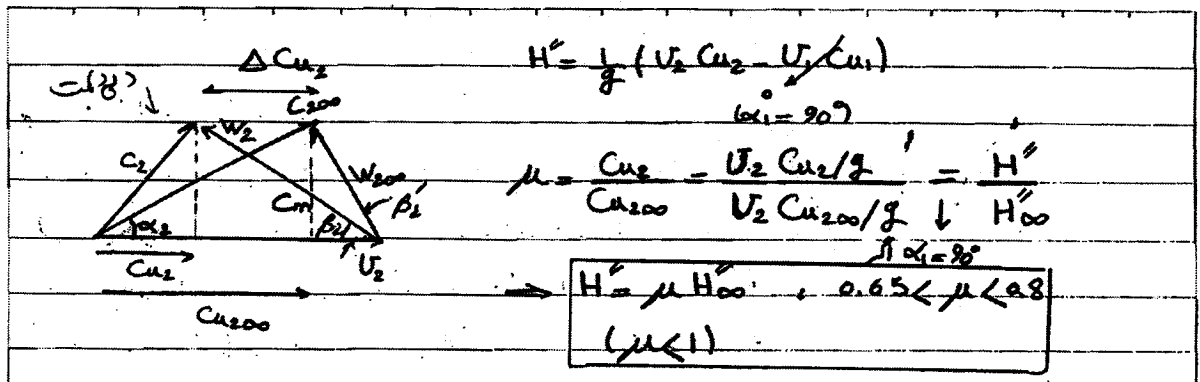
س:  $\frac{d}{ds} \left( \frac{P}{\rho} - \frac{U^2}{2} \right) + W \frac{\partial W}{\partial s} = 0$  (برای برآورد مرکز)

ن:  $\frac{d}{dn} \left( \frac{P}{\rho} - \frac{U^2}{2} \right) - \frac{W^2}{R} + 2Ww = 0$  (2)

برآورد  $\frac{P}{\rho} - \frac{U^2}{2} = \frac{W^2}{2} \rightarrow \frac{W}{R} \frac{\partial W}{\partial n} = 2w \rightarrow w = \frac{1}{2} \left( \frac{W}{R} + \frac{\partial W}{\partial n} \right)$

$\frac{\partial W}{\partial n} = \frac{W}{R} + 2w$

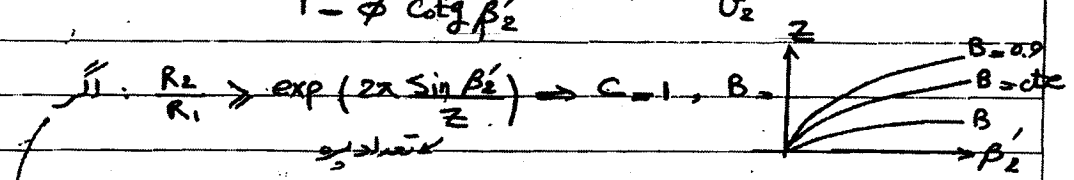




\* استبانف پیشنهاد کند که  $\mu = 0.73$  در نظر گرفته شود  
 \* ضرایب  $C_u$  و  $U$  بدون در نظر گرفتن اثرات پهنای باله

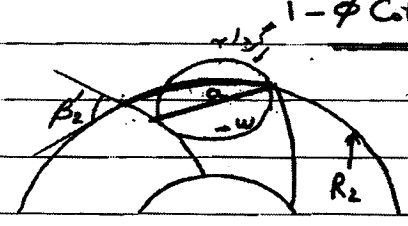
روش بونان: برای ماسه  $\mu$

$$\mu = \frac{B - C \phi \cot \beta'_2}{1 - \phi \cot \beta'_2}, \quad \phi = \frac{C_{m2}}{U_2}$$



با این ساده سازی ضرایب داریم:

$$\mu = 1 - \frac{1-B}{1 - \phi \cot \beta'_2}, \quad B = 1 - \frac{\Delta C_{u2}}{U_2}$$



روش التودال: برای ماسه  $\mu$ :

$$\Delta C_{u2} = \frac{w a}{z}$$

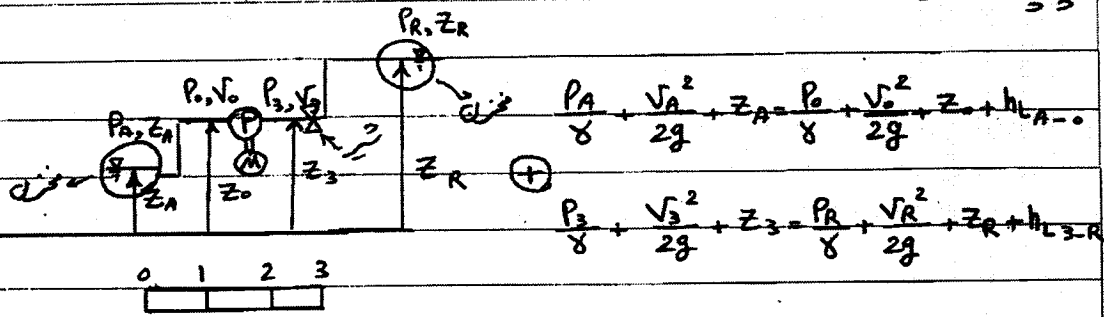
$$a = \frac{2\pi R_2 \sin \beta'_2}{z}$$

$$\Delta C_{u2} = U_2 \cdot \frac{\pi \sin \beta'_2}{z} \quad \text{---} \quad \mu = 1 - \frac{\Delta C_{u2}}{C_{u200}} = 1 - \frac{\pi \sin \beta'_2}{z} \frac{1}{1 - \phi \cot \beta'_2}$$

$\phi = \frac{C_{m2}}{U_2}$

$$\textcircled{*} \mu = \frac{C_{u2}}{C_{u200}} = \frac{C_{u200} - \Delta C_{u2}}{C_{u200}} = 1 - \frac{\Delta C_{u2}}{C_{u200}}$$

استدلال دیگر >

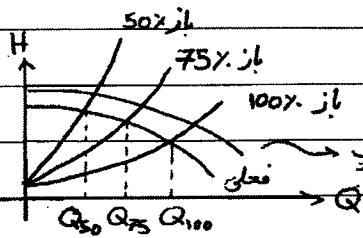
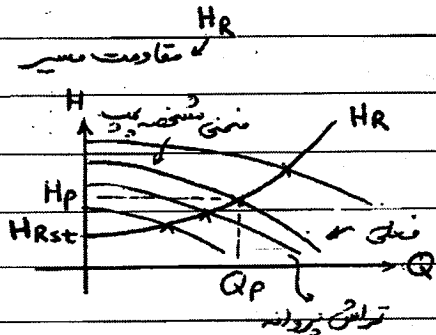


$$\Rightarrow \frac{P_3 - P_0}{\gamma} + \frac{V_3^2 - V_0^2}{2g} + Z_3 - Z_0 = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + Z_2 - Z_1 + \sum h_{L_{A-R}}$$

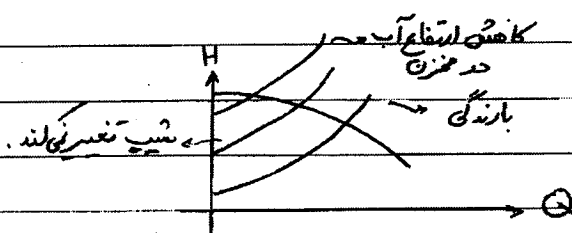
$H_p = H_{\text{pump}}$

$$H_R = \begin{cases} H_{R_{st}} = \frac{P_R - P_A}{\gamma} + Z_R - Z_A \\ H_{R_{dyn}} = \frac{V_R^2 - V_A^2}{2g} + \sum h_{L_{A-R}} \end{cases}$$

$KQ^2$

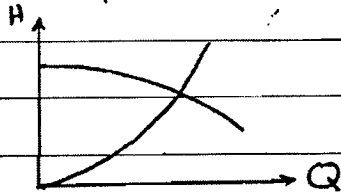


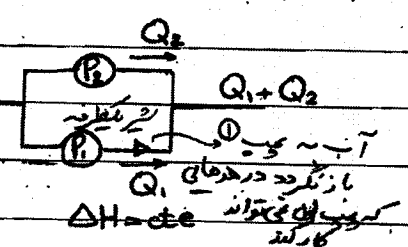
برای ثابت ماندن دبی، می توان با تغییر قطر لوله یا سرعت جریان، بیشتر کرد.



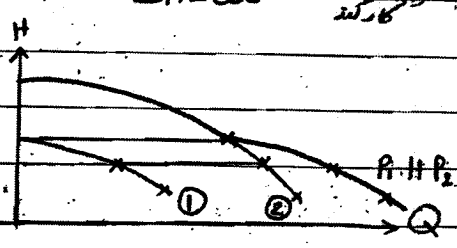
\* اگر هد استاتیک تغییر کند

\* برای یک هد استاتیک، هد استاتیک برابر می ماند

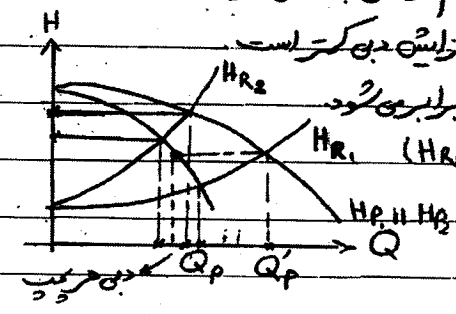




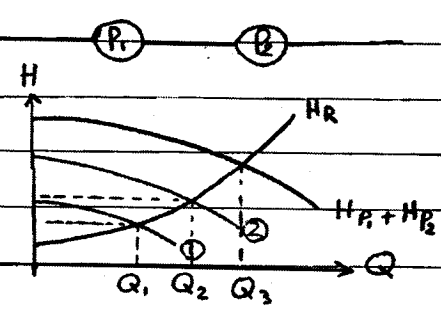
به هم بسته مولتی پمپ ها  
 \* کمترین پمپ کتره شود  
 \* در بیشتره شود



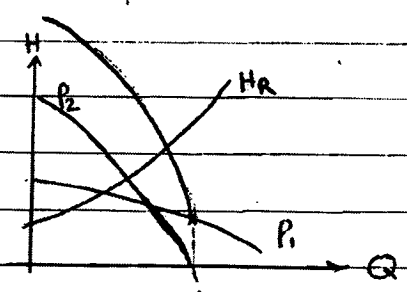
\* در اکثر مولد پمپ های یکسان با هم مولتی بسته می‌شوند  
 \* هر چه متافعه سبب بیشتر باشد افزایش دیو کتر است  
 \* بعد از مولتی کردن دیو کتر از ۲ برابر می‌شود



به هم بسته سری پمپ ها  
 \* در بیشتره شود



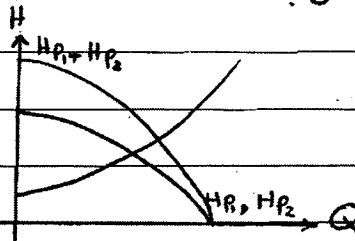
حالت زیر را در نظریه گیریم



پمپ ۲ مانند تقویت رفتار می‌کند  
 \* در این حالت هنگامی که  $Q = Q'$  هر دو پمپ برابر می‌شود

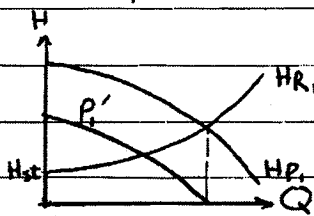
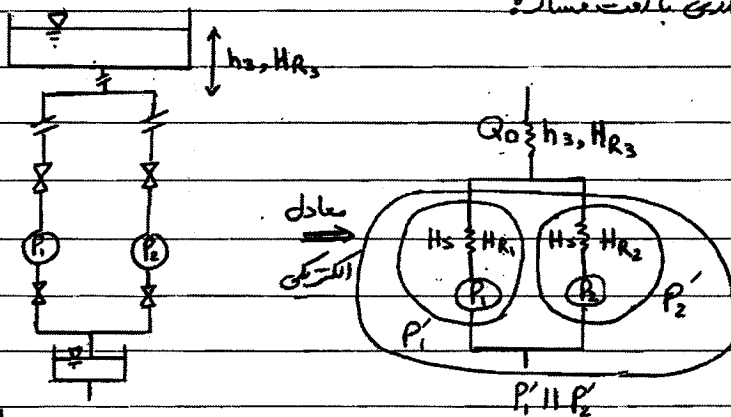


اگر سب های استفاده شده یکسان باشند:

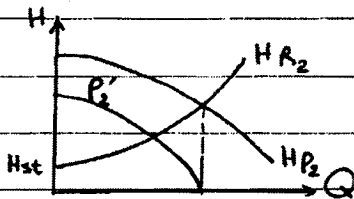


در حالت های قبل اصطلاحاً بولد نام می برد

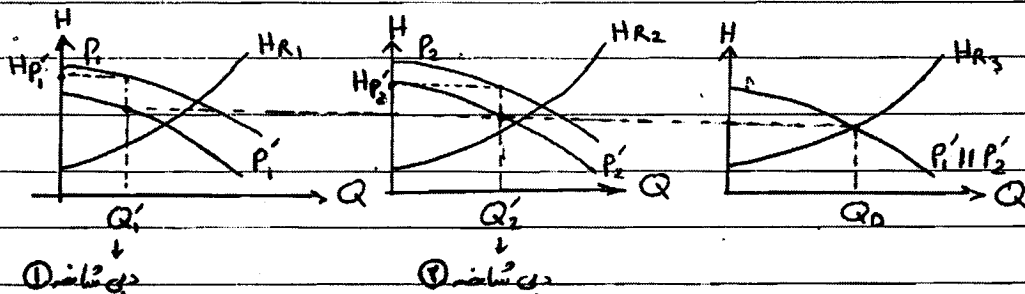
در غیر موازی در معادله با افت فشار است



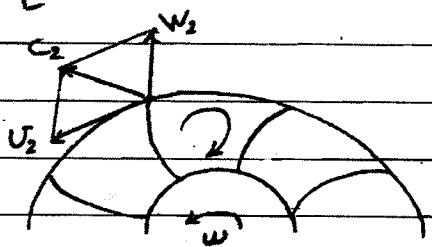
$$P'_1 = H_{P_1} - H_{R_1}$$



$$P'_2 = H_{P_2} - H_{R_2}$$

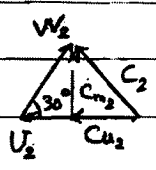


$Q = 0.028 \frac{m^3}{s}$  ,  $\mu = 0.77$  ,  $N = 1450 \text{ rpm}$  ,  $b_2 = 20 \text{ mm}$  ,  $d_2 = 250 \text{ mm}$  ,  $\beta_2' = 30^\circ$  ,  $\alpha_1 = 90^\circ$  ,  $\alpha_2 = 90^\circ$  ,  $Z = ?$  ,  $H = ?$



$$U_2 = r_2 \omega = \frac{0.250}{2} \times \frac{2\pi \times 1450}{60} = 18.98 \text{ m/s}$$

$$C_{m200} = \frac{Q}{A_2} = \frac{Q}{2\pi r_2 b_2} = \frac{0.028}{\pi \times 0.25 \times 0.02} = 1.78 \text{ m/s}$$



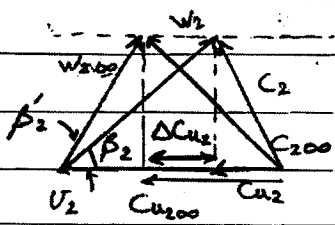
$$C_{u200} = U_2 \frac{C_{m200}}{\tan 30^\circ} = 18.98 \frac{1.78}{\frac{\sqrt{3}}{3}} = 15.9 \text{ m/s}$$

$$H_{00} = \frac{1}{g} (U_2 C_{u2} - U_1 C_{u1}) = 30.75 \text{ m} \quad \mu = \frac{H'}{H_{00}} \rightarrow H = 0.77 \times 30.75$$

$$\rightarrow H = 23.68 \text{ m}$$

$$\mu = \frac{C_{u2}}{C_{u200}}$$

$$\mu = 1 - \frac{\Delta C_{u2}}{C_{u200}} = 1 - \frac{\frac{Z}{2} \sin \beta_2'}{1 - \psi \cot \beta_2'} \quad \psi = \frac{C_{m2}}{U_2} \rightarrow Z = 8.15 \sim 8$$



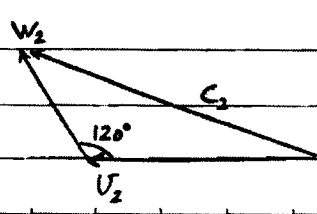
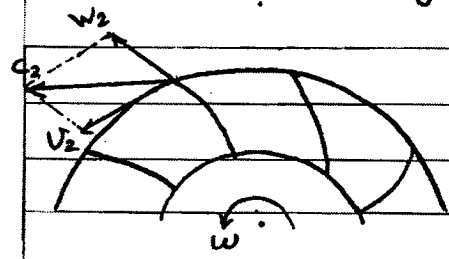
$$\mu = \frac{C_{u2}}{C_{u200}} \rightarrow 0.77 = \frac{C_{u2}}{15.9} \rightarrow C_{u2} = 12.24 \text{ m/s}$$

$$\tan \beta_2 = \frac{C_{m2}}{U_2 - C_{u2}} = 0.264 \rightarrow \beta_2 = 14.8^\circ < \beta_2' \checkmark$$

$h = 3V^2$  ,  $l = 40 \text{ m}$  ,  $f = 0.005$  ,  $\beta_2 = 120^\circ$  ,  $d_s = d_d = 150 \text{ mm}$  ,  $0.04 \frac{m^3}{s}$

suction Discharge

$d_2 = ?$  ,  $\eta_H = 0.76$



۲۷

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.04}{\frac{\pi}{4} \times 0.15^2} = 2.26 \text{ m/s}$$

$$H = 35 + \frac{3V^2}{2g} + f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} = 35 + \frac{3 \times 2.26^2}{2 \times 9.81} + \frac{0.005 \times 40}{0.15} \times \frac{2.26^2}{2 \times 9.81} = 37.16 \text{ m}$$

$$N_s = \frac{N\sqrt{Q}}{(gH)^{3/4}} \rightarrow 0.75 = \frac{N\sqrt{0.04}}{(9.81 \times 37.16)^{3/4}} \rightarrow N = 1877.115 \text{ rpm}$$

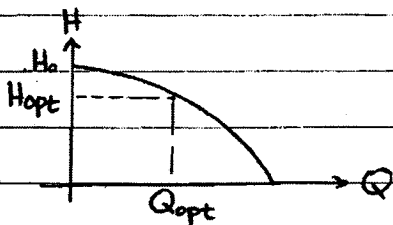
$$V_2 = v_2 \omega = \frac{d_2}{Z} \times 2\pi N = \frac{\pi N d_2}{60} = 98.3 d_2$$

$$C_{m2} = \frac{Q}{A_2} = \frac{Q}{0.94 \pi b_2 d_2} = \frac{0.04}{0.94 \pi d_2^2} = \frac{0.135}{d_2^2}$$

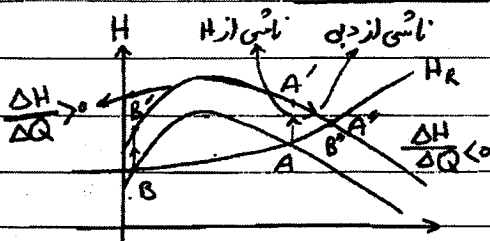
$$\eta_H = \frac{H}{H'} \rightarrow 0.76 = \frac{37.16}{H'} \rightarrow H' = 48.89 \text{ m}$$

عبارت:  $H' = \frac{1}{g} (U_2 C_{u2} - a) = \frac{1}{g} (98.3 d_2) (98.3 d_2 + \frac{0.135}{\tan 60^\circ d_2^2}) = 48.89 \rightarrow d_2 = 0.214 \text{ m}$

سبب منحنی H-Q



$$\frac{H_0 - H_{opt}}{H_{opt}} = \begin{cases} 0.25 \sim 0.1 \rightarrow \text{ساختنی} \\ 0.8 \sim 0.25 \rightarrow \text{نیساختنی} \\ > 0.8 \rightarrow \text{سخت} \end{cases}$$



باید: با یک تغییر کوچک در سرعت، که باید از خود

$$\frac{\Delta H}{\Delta Q} < 0 \rightarrow \text{باید}$$

$$\frac{\Delta H}{\Delta Q} > 0 \rightarrow \text{نباید}$$

$$H \propto N^2, Q \propto N$$

$$\downarrow$$

$$P \propto N^3$$

تراش بولون:

\* متساوی و محدود ندارد

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= (d_1)^n \\ Q_2 &= (d_2)^n \\ H_1 &= (d_1)^n \\ H_2 &= (d_2)^n \end{aligned} \right\} \text{فرد فرد} \quad 2 < n < 3$$

\* اگر بخواهیم از ویسکوزیته آب و برای مواد دیگر استفاده کنیم، ابتدا ویسکوزیته آب را حل می‌کنیم پس با استفاده از یک نمودار این مقادیر را تعیین می‌کنیم

تک: لزجت دینامیک:  $\mu: \left[ \frac{Ns}{m^2}, Pa.s, \frac{kg}{m.s} \right]$

$1 \text{ poise} = \frac{\text{dyne.s}}{\text{cm}^2} = \frac{g}{\text{cm.s}} = \frac{1}{10} \text{ Pa.s}$  (  $1 \text{ dyne} = 10^{-5} \text{ N}$  )  
 (  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \frac{m}{s^2}$  )  
 نتیجه از

$1 \text{ P} = 100 \text{ cP} \rightarrow$  برای آب:  $\mu = 1 \text{ cP}$   
 $T = 20.2^\circ\text{C}$

\* لزجت سینماتیک:

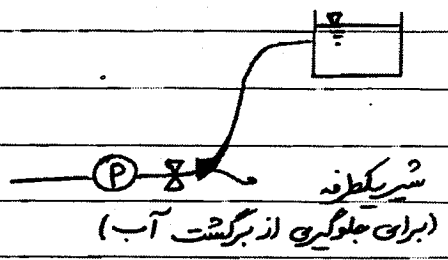
$\nu = \frac{\mu}{\rho} : \left[ \frac{m^2}{s} \right]$

$\text{stoke} = \frac{\text{dyne.s}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{\text{cm}^3}{g} = \frac{\text{cm}^2}{s}$

$1 \text{ stoke} = 10^{-4} \frac{m^2}{s}$  ( سانتی متر )  $1 \text{ cSt} = 10^{-6} \frac{m^2}{s} \rightarrow$  آب:  $\nu = 1 \text{ cSt}$   
 $T = 20^\circ\text{C}$

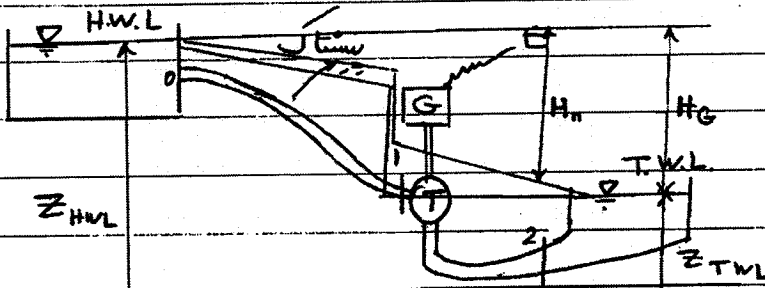
$1 \text{ Gpm} = 3.785 \frac{L}{\text{min}}$  : دبی \*

تک: برای روشن کردن ویسکوزیته شیر را به بنیم و پس موتور را روشن می‌کنیم برای خاموش کردن نیز به همین صورت می‌باشد (برای جلوگیری از فشار آمدن به موتور)



در این جزوه میخوانیم: / لیکن برای حل مسئله

توسیع های آب:



$$\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + Z$$
 انرژی (EGL)  

$$\frac{P}{\rho g} + Z$$
 هدایت (HGL)  

$$\frac{V^2}{2g}$$
 سرریز

انرژی مخصوص: میزان انرژی جنبشی و پتانسیل است که یک کیلوگرم آب در هر ثانیه از توربین از مخزن بالادست تا پایین دست تولید کند.

$$\left( \frac{N \cdot m}{kg} \rightarrow \frac{J}{kg} \rightarrow \frac{m^2}{s^2} \right)$$

هدایت (Gross head):

$$H_G = Z_{H.W.L} - Z_{T.W.L} = H_{Gross}$$

$$E_G = g H_G$$

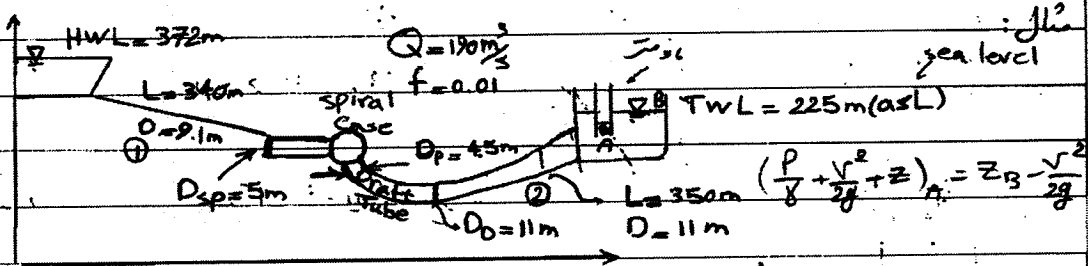
$$P_G = \rho g H_G Q$$

$$\left( \frac{P}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 \right) - \left( \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right) = H_n = H_G - \sum h_L$$

$$P = \rho g H Q$$

$$E_n = g H_n$$

$$H = \frac{P}{\rho g Q} \Rightarrow E = \frac{P}{Q} = g H = \left[ \frac{J}{kg} \right]$$



$H_n = ?$  ,  $H_{gr} = ?$  ,  $EGL = ?$  ,  $HGL = ?$

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{190}{\frac{\pi}{4} \times 9.1^2} = 2.92 \text{ m/s}$$

$$Re_1 = \frac{V_1 D_1}{\nu} = \frac{2.92 \times 9.1}{10^{-6}} = 2.657 \times 10^7$$

$$h_{L1} = f_1 \frac{L_1}{D_1} \frac{V_1^2}{2g} = 0.01 \times \frac{340}{9.1} \times \frac{2.92^2}{2 \times 9.81} = 0.1624 \text{ m}$$

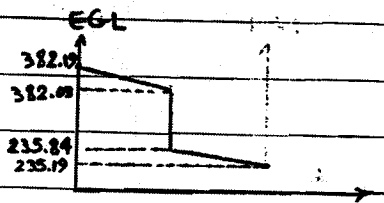
$$V_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{190}{\frac{\pi}{4} \times 11^2} = 1.999 \text{ m/s}$$

$$Re_2 = \frac{V_2 D_2}{\nu} = \frac{1.999 \times 11}{10^{-6}} = 2.2 \times 10^7$$

$$h_{L2} = f_2 \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} = 0.01 \times \frac{350}{11} \times \frac{1.999^2}{2 \times 9.81} = 0.648 \text{ m}$$

$$H_G = Z_{HWL} - Z_{TWL} = 372 - 225 = 147m$$

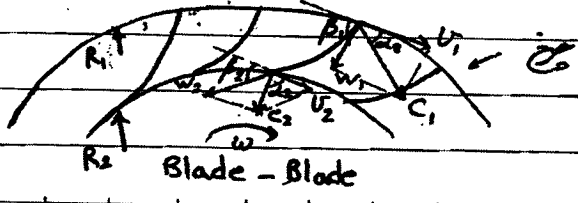
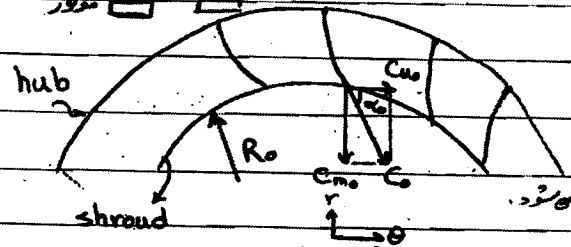
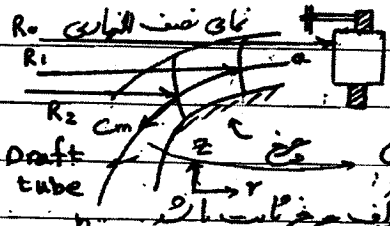
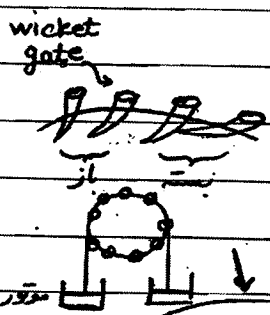
$$H_n = H_G - \sum h_L = H_G - h_{L1} - h_{L2} = 147 - 0.1624 - 0.648 = 146.19m$$



$$* EGL_{HWL} = \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z = \frac{100 \times 10^3}{1000 \times 9.81} + 372 = 382.19m$$

$$* EGL_{TWL} = \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z = \frac{100 \times 10^3}{1000 \times 9.81} + 225 = 235.19m$$

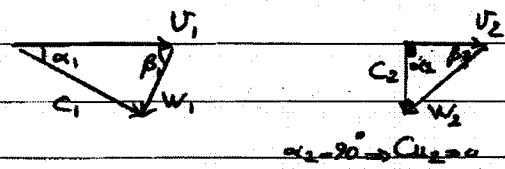
Francis (Francis)   
 wicket gate (III) stay vanes (II) spiral case (I)   
 Draft tube (V) Runner (IV)



$$\alpha_1 = 20^\circ \sim 30^\circ$$

$$w_2 > w_1 \quad v_2 < v_1$$

$$\alpha_2 \approx 90^\circ$$



$R_2 < R_1 < R_0$   
 $w_2 > w_1$

$Q \cdot C_{m0} = \frac{Q}{2\pi R_0 b_0} \rightarrow \tan \alpha_0 = \frac{C_{m0}}{C_{u0}}$

پایه مکمل  
 220  
 1- (2)  $R_1 \cdot C_{u1} = R_0 \cdot C_{u0} \rightarrow C_{u1} = \frac{R_0}{R_1} C_{u0}$  بلایه موافق  
 $Q = (2\pi R_1 b_1) C_{m1} = (2\pi R_0 b_0) C_{m0}$

: Blade-Blade گلیس

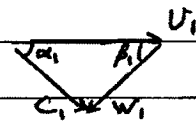
$C(r, \theta, z) \rightarrow \begin{cases} C_r \\ C_\theta = C_{u0} \rightarrow C_m = \sqrt{C_z^2 + C_r^2} \\ C_z \end{cases}$

بلایه موافق و مخالف

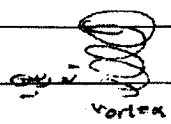
$M'' = \dot{m}'' (R_1 C_1 \cos \alpha_1 - R_2 C_2 \cos \alpha_2)$   
 $P'' = M'' w = \dot{m}'' (U_1 C_1 \cos \alpha_1 - U_2 C_2 \cos \alpha_2)$   
 $E'' = \dot{q} H'' = U_1 C_1 \cos \alpha_1 - U_2 C_2 \cos \alpha_2 = U_1 C_{u1} - U_2 C_{u2}$   
 $H'' = \frac{1}{g} (U_1 C_{u1} - U_2 C_{u2})$

در این

توربین مورد بررسی  
 بلایه موافق و مخالف



$H'' = \frac{c_1^2 - c_2^2}{2g} + \frac{U_1^2 - U_2^2}{2g} + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2g}$



$H_n - h_f = H'' \rightarrow H_n = H'' + h_f$   $H_n = H'' + h_f$  در

بلایه موافق و مخالف

$\frac{\delta Q}{\delta t} \frac{\delta W}{\delta t} = \int_{c.s.} (h + \frac{c^2}{2} + gz) (\rho \vec{c} \cdot \vec{dA})$

$\Rightarrow \frac{\delta Q}{\delta m} + (h_1 + \frac{c_1^2}{2} + gz_1) = (h_2 + \frac{c_2^2}{2} + gz_2) + \frac{\delta W}{\delta m}$

$\Rightarrow \frac{\delta W}{\delta m} = \frac{(P_1 - P_2)}{\rho} + \frac{(c_1^2 - c_2^2)}{2} + g(z_1 - z_2) + \underbrace{[(U_1 - U_2) + \frac{\delta Q}{\delta m}]}_{-h_f}$

$$h_L = u_1 - u_2 + \frac{\delta Q}{\delta m} \leftarrow \rightarrow u_1 < u_2 \rightarrow T_2 > T_1$$

$\frac{\delta Q}{\delta m}$   
 تلفات

نکته: تویس آب  $T_2 > T_1$  ، تویس کبک  $T_2 < T_1$

$$* \frac{P_1}{\rho} + \frac{C_1^2}{2} + gZ_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{C_2^2}{2} + gZ_2 + \frac{\delta W}{\delta m} + H_L$$

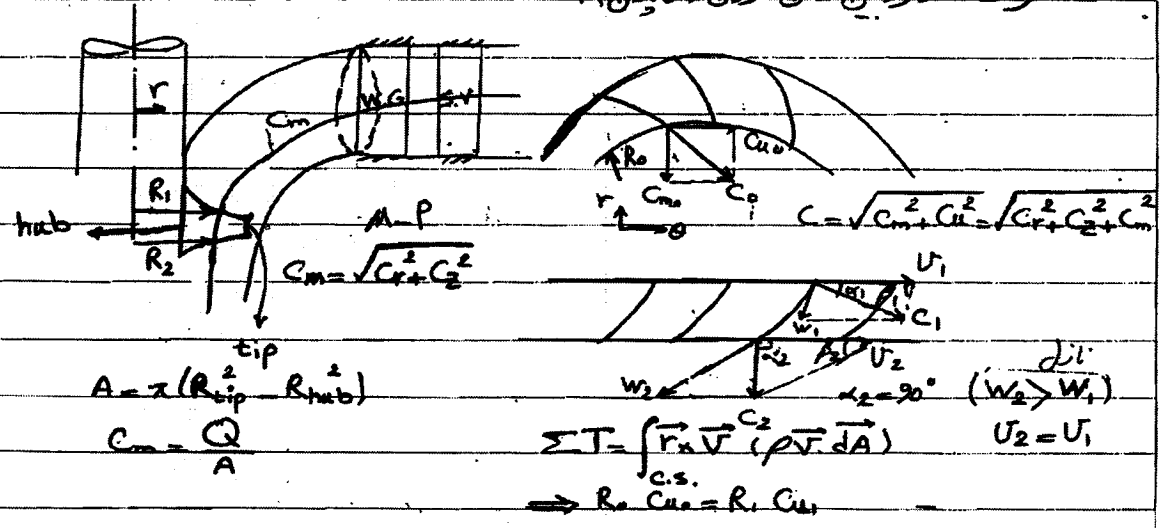
$H_n$  : هدر ناشی از تغییرات انرژی جنبشی

$$\left\{ \begin{aligned} H'' &= \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + \frac{C_1^2 - C_2^2}{2g} + Z_1 - Z_2 - h_{Lf} \rightarrow H'' = H_n - h_{Lf} \\ H'' &= \frac{C_1^2 - C_2^2}{2g} + \frac{U_1^2 - U_2^2}{2g} + \frac{W_2^2 - W_1^2}{2g} \end{aligned} \right.$$

$$\rightarrow \frac{P_1}{\gamma} + \frac{W_1^2}{2g} - \frac{U_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{W_2^2}{2g} - \frac{U_2^2}{2g} + Z_2 + h_{Lf}$$

\* تویس دم تریبونالیک  $S_2 \gg S_1$

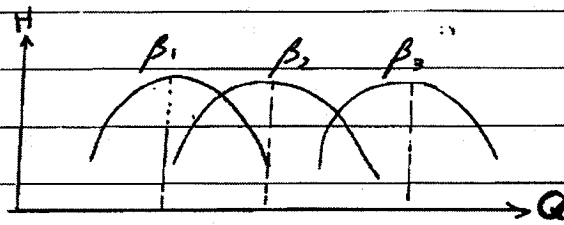
تویس دم تریبونالیک در صورتی که  $S_2 \gg S_1$



\* تویس دم تریبونالیک در صورتی که  $S_2 \gg S_1$

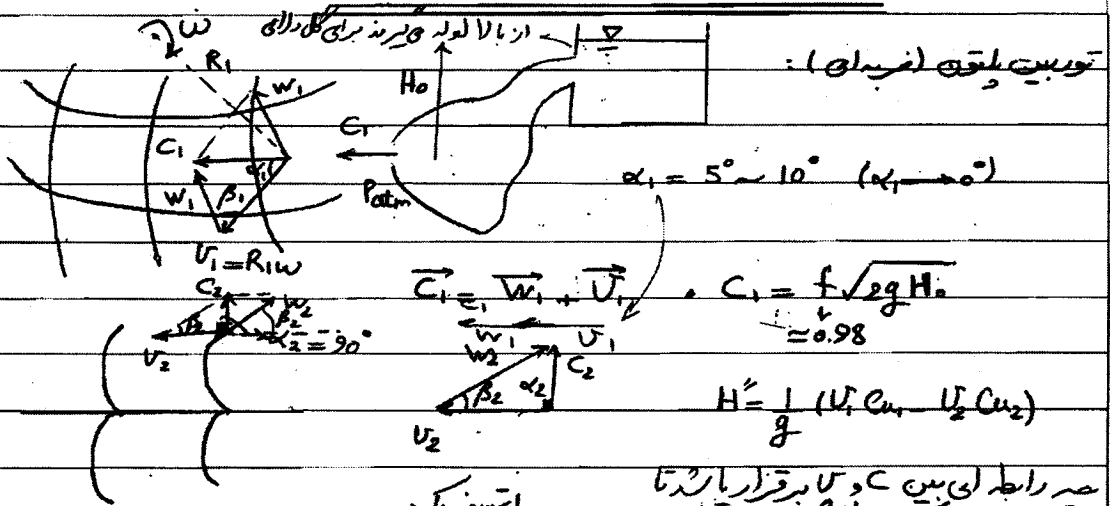
$$H'' = \frac{1}{g} (U_1 C_{u1} - U_2 C_{u2})$$





با تغییر اوج بستر  
در راندن کانال هم  
تغییرات بسیار وسیع و  
بسیار

تغییرات بسیار وسیع و بسیار در آنجا زانیه در دو صورتند تغییر کنند، توپین های محور و دیس های محور هستند



معادله انرژی

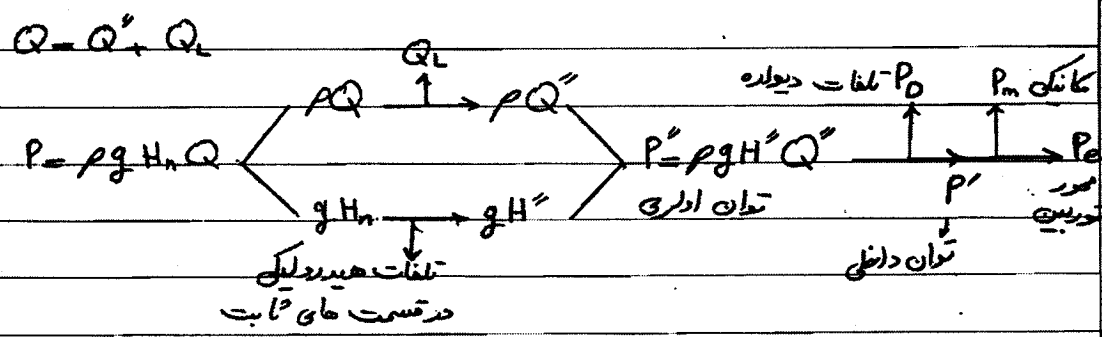
$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{w_2^2}{2g} + \frac{v_2^2}{2g} + h$$

استفراک

$$\left\{ \begin{aligned} w_1 &= w_2 \\ v_1 &= v_2 \end{aligned} \right.$$

$R_1 = R_2$

\* برای داشتن زانیه بیشینه باید  $\alpha = 90^\circ$  باشد  
\* با داشتن  $\alpha = 90^\circ$  همیشه ضایع نیست، اما گاهی که ضایع



$$\eta_r = \frac{Q'}{Q} \quad \eta_h = \frac{H'}{H_n} \quad \eta_o = \frac{P'}{P} \quad \eta_m = \frac{P_e}{P}$$

$$\eta_i = \eta_h \eta_o \eta_r \quad \eta_t = \eta_i \eta_m$$

$$\frac{Q}{ND^3} \cdot \frac{gH}{ND^2} \quad \text{رکب}$$

$$\eta_{ii} = \frac{ND}{\sqrt{H_n}} \quad \text{وحدت: (بدون واحد)}$$

$$\eta_{ed} = \frac{WD}{\sqrt{gH_n}} \quad \text{وحدت: (بدون واحد)}$$

توجه: این دو عدد بدون بعد است و هر دو در واحد (بدون واحد) هستند.

$$Q_{ii} = \frac{Q}{D^2 \sqrt{H_n}} \quad \text{وحدت: (بدون واحد)}$$

$$Q_{ed} = \frac{Q}{D^2 \sqrt{gH_n}} \quad \text{وحدت: (بدون واحد)}$$

توجه: این دو عدد بدون بعد است و هر دو در واحد (بدون واحد) هستند.

$$P_{ii} = \frac{P}{D^2 H_n^{3/2}} \quad \text{وحدت: (بدون واحد)}$$

$$P_{ed} = \frac{P}{\rho D^2 (gH_n)^{3/2}} \quad \text{وحدت: (بدون واحد)}$$

توجه: این دو عدد بدون بعد است و هر دو در واحد (بدون واحد) هستند.

$$T_{ii} = \frac{T}{D^3 H_n} \quad \text{وحدت: (بدون واحد)}$$

$$T_{ed} = \frac{T}{\rho D^3 g H_n} \quad \text{وحدت: (بدون واحد)}$$

توجه: این دو عدد بدون بعد است و هر دو در واحد (بدون واحد) هستند.

$$N_s)_m = N_s)_p$$

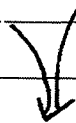
$$Q_{ii})_m = Q_{ii})_p$$

برای شباهت داریم:

$$N_s = \frac{\rho^k P}{H_n^{1.25}} \quad \text{وحدت: (بدون واحد)}$$

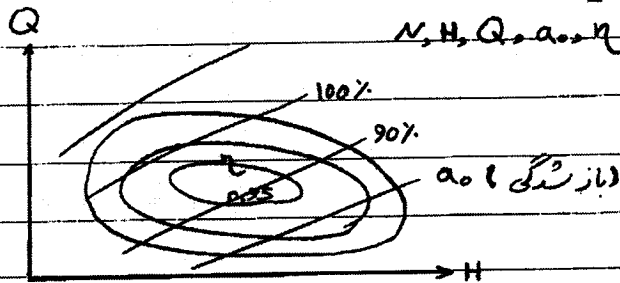
$$\eta_s = \frac{W \cdot Q^{1/2}}{(gH_n)^{3/4}} \quad \text{وحدت: (بدون واحد)}$$

توجه: این دو عدد بدون بعد است و هر دو در واحد (بدون واحد) هستند.



$$\eta_s = \frac{N_s}{165.87 \sqrt{\eta}}$$

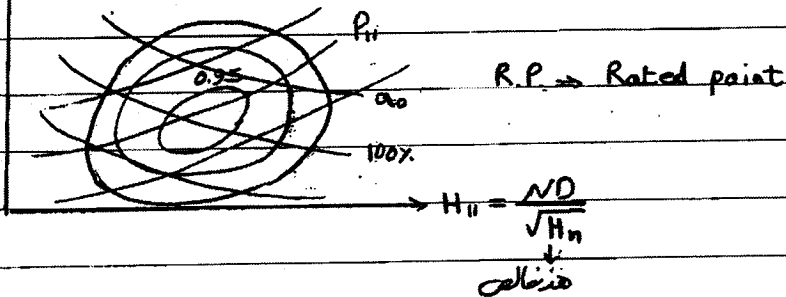
نمودار مشخصات توربین (Hill Chart):  
 $N, H, Q, \alpha, \eta, P$  پارامترها



در دبی و سرانه برای توربین همیشه ثابت است

$$Q_{11} = \frac{Q}{D^2 \sqrt{H}}$$

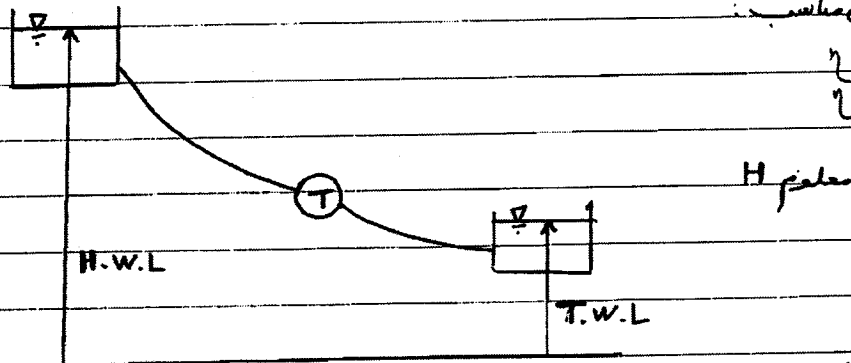
مقابل انتخاب برای تمام خانواده



$\psi = \frac{2gH}{\omega^2 R^2}$  ,  $\phi = \frac{Q}{\omega R^3}$  : EPFL

انتخاب توربین مناسب

$\eta = 0.94 \sim 0.96$  (بزرگ)  
 $\eta = 0.89 \sim 0.91$  (کوچک)



$N_s = f(H_n) = 3470 H_n^{-0.625} \Rightarrow N_s = \frac{N \sqrt{P}}{H_n^{1.25}} \Rightarrow N = \sqrt{\frac{N_s H_n^{1.25}}{P}}$

$N_s = 120$  (rpm)  $\rightarrow$   $50 \text{ Hz}$   
 $N_p = 31 \sim 32 \checkmark$

تعداد قطب و فرکانس  
 ضربه از 2 تا 4 و ترکیباً 6

٥٩

$$H = 93 \text{ m}, Q = 150 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}, P = 130 \text{ MW}$$

جاء

$$N_s = ? \quad N = ? \quad N_p = ?$$

$$N_s = 3470 H^{0.625} = 204 \Rightarrow N_s = 204 = \frac{N \sqrt{P}}{H^{1.25}} = \frac{N \sqrt{130000}}{93^{1.25}} \Rightarrow N = 163 \text{ rpm}$$

$$\rightarrow N_p = \frac{120 f}{N} = \frac{120 \times 50}{163} = 36.68 \Rightarrow N_p = 40$$

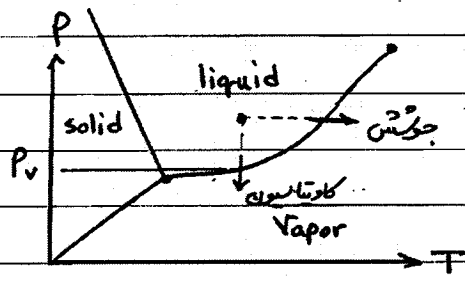
بما  $\Rightarrow N = 150 \text{ rpm} \Rightarrow N_s = \frac{N \sqrt{P}}{H^{1.25}} = 187.26$

(بما  $P, H, N$ ):  $\Rightarrow$   $\frac{N \sqrt{P}}{H^{1.25}} = \text{constant}$   $\Rightarrow$   $\frac{N_1 \sqrt{P_1}}{H_1^{1.25}} = \frac{N_2 \sqrt{P_2}}{H_2^{1.25}}$

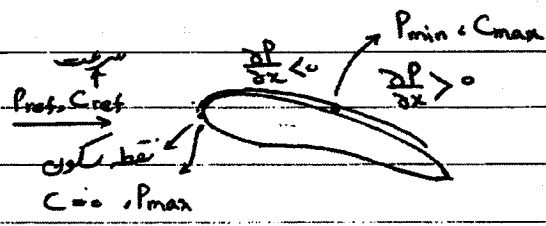
$$\frac{N_s}{\rho (g H_n)^{1.25}} \left\{ \begin{array}{l} U_1 = K_{u1} \sqrt{2g H_n} \\ U_1 = R_1 \omega \end{array} \right. \Rightarrow R_1 \omega \left\{ \begin{array}{l} U_2 = K_{u2} \sqrt{2g H_n} \\ U_2 = R_2 \omega \end{array} \right. \Rightarrow R_2 \omega$$

$$\Downarrow D_1 = 2R_1$$

$$\frac{b}{D_1} = \frac{b}{D_2} \Rightarrow b = \frac{D_1}{2}$$



شرط کانتیلیون:  $P(M) \leq P_v$



کانتیلیون:  $P_m \leq P_v(T) \rightarrow C_p(M) \leq \alpha \rightarrow$

$$\left\{ \begin{aligned} C_p(M) &= \frac{P_m - P_{ref}}{\frac{1}{2} \rho C_{ref}^2} \\ \alpha &= \frac{P_{ref} - P_v(T)}{\frac{1}{2} \rho C_{ref}^2} \end{aligned} \right.$$

کانتیلیون

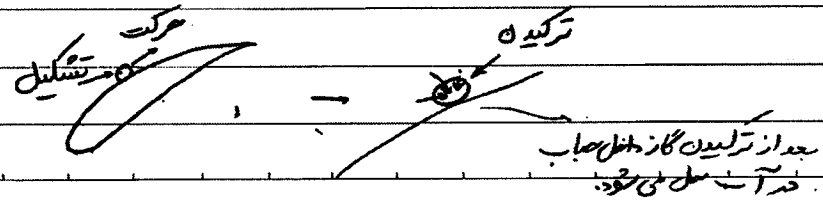
\* پدیده کانتیلیون نشان اتفاق افتاد که فشار موضعی از فشار بحرانی مایع در حال حرکت کمتر شود؛ در چنین حالتی حباب های که نشان دهنده ذرات تغییر شده می باشد در مایع پدیدار می شوند.

\* حباب ها ممکن است به قطر حدود 0.25 اینچ برسد و با سرعت حدود 765 ft/s از بین رفته و عمر حباب حدود 0.003 ثانیه می باشد.

\* فشار دانه بر بین جسم حدود  $50000 \text{ lb/in}^2$  می باشد.

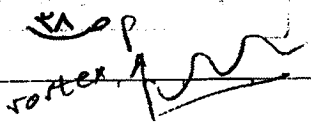
\* ایجاد چنین فشاری به صورت متناوب تولید ضربه کرده در فلز و در نتیجه فرسایش آن می شود.

\* کانتیلیون همراه با صدا، ارتعاش و لغت رخ می دهد.



سرعت انتشار

$$M = \sqrt{\frac{K}{\rho}} = \frac{\sqrt{2 \times 10^8}}{10^3} = 1400 \text{ m/s}$$



کامپرسور در section side

برای کردن توربین بدون لرزش. ابتدا در بدنه توربین هدیه تریک اندازه می افتد.

شرایط هدیه تریک: شکل هدیه تریک - شرایط جریان زبری

شرایط سیال: ویسکوزیته

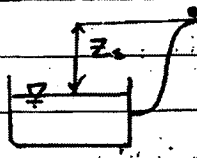
کیفیت گاز:

در هر چه جابجایی تشکیل شده بزرگتر باشد، فشار داخلی آن کمتر است و بالعکس.

کافیتهای سیون در پمپ ها:

ارتفاع مثبت مطلق مکش: (NPSH). فشار کل در دهانه مکش پمپ نسبت به فشار اتمسفر

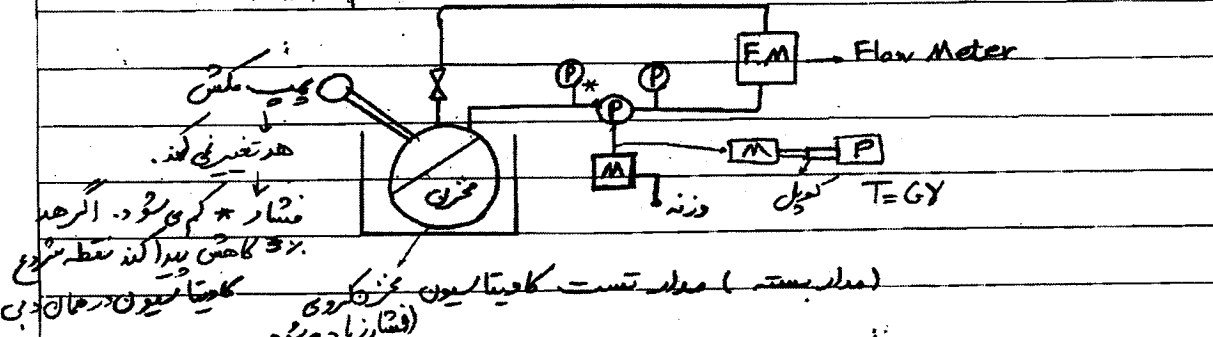
در همان درجه حرارت



فشار مطلق (نسبت به فشار اتمسفر)

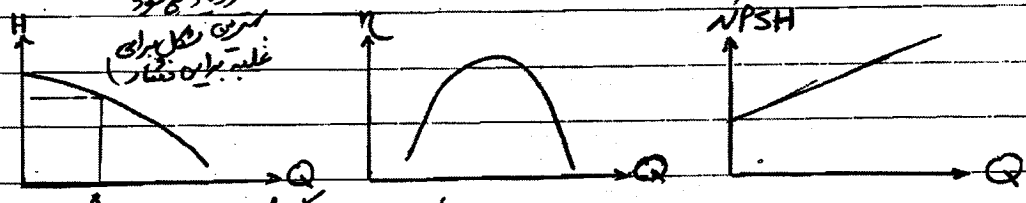
$$NPSH_{min} = \frac{P_0}{\gamma} + \frac{V_0^2}{2g} - \frac{P_v}{\gamma}$$

فشار تبخیر در درجه حرارت گاز



فشار کم می شود. اگر هد 3٪ کاهش پیدا کند نقطه شروع کافیتهای سیون در همان پمپ

میلد بسته (میلد نسبت کافیتهای سیون) مخزن کمتری (فشار زیاد می شود)



این مقدار فشار کم ترده تا 3٪ هر کم ترده

$$NPSH_{(req)} = \frac{P_{0min}}{\gamma} + \frac{V_0^2}{2g} - \frac{P_v}{\gamma}$$

کارخانه سازنده

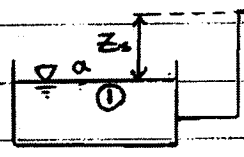
$$NPSH_{(available)} = \frac{P_0}{\gamma} + \frac{V_0^2}{2g} - \frac{P_v}{\gamma}$$

برای اینکه کافیتهای سیون رخ ندهد باید از این مقدار کم ترده

$$NPSH_{(available)} \geq NPSH_{(req)} + 0.5m$$

معمولاً 0.5 متر

تجهیز جانب در ورود  
معمولا خود رنج در قسمت در فشار بره



$$P_a = z_{max} + \frac{P_0}{\gamma} + \frac{V_0^2}{2g} + H_L$$

$$NPSH_{(req)} + \frac{P_r}{\gamma}$$

انتخاب در مورد مکان نصب نشتی در خروجی با اینها قطر مکش بزرگتر از قطر رانش

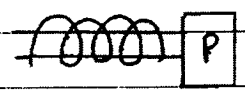
$$z_{max} = \frac{P_a}{\gamma} - \left( \frac{P_r}{\gamma} + NPSH_{(req)} + H_L \right)$$

تفاوت طول  
 $z_{max} \downarrow \leftarrow H_L \uparrow$

\* برای بالا بردن می چاه در دهانه مکش یک شیر یکطرفه قرار می دهیم و پس لوله را از آب بیرون کنیم (زیرا در ابتدا لوله از هوا پر است) - (برای حالتی که میب بالای سطح آب است)

روش های کم کردن  $NPSH_{req}$ :

- ① میب با سرعت دوران کمتر انتخاب کنیم
- ② میب با دو دهانه مکش بکار ببریم (زیرا سرعت کمتر لوله)
- ③ استفاده از خروجی با دهانه مخصوص (قبل از ورود میب فشار افزایش می یابد)

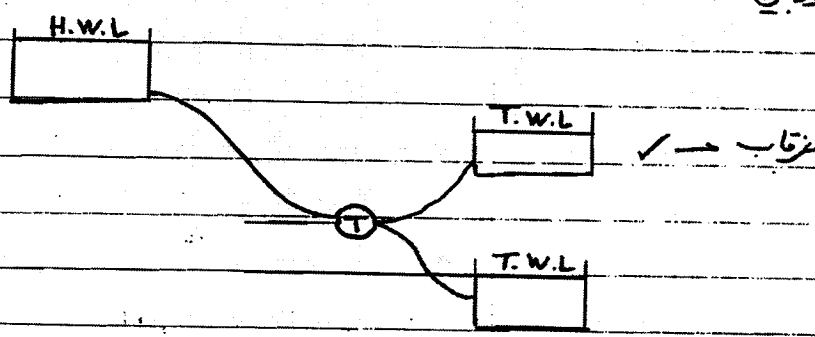


روش های افزایش  $NPSH_{avail}$ :

- ① قسمت فشار قرار دادن منبع مکش تا مانند نصب میب زیر سطح آب
- ② سرعت برآل در ورودی کاهش پیدا کند (افزایش قطر دهانه مکش)
- ③ کاهش تلفات در لوله مکش

www.vvww.com  
 P.M. 19  
 20

کامپتا سیون در توربین ها



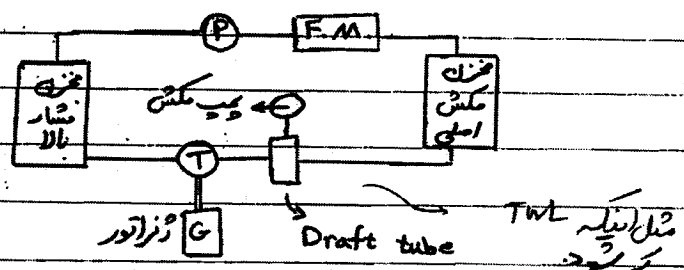
نشار (توربین)

$$H_a - H_r - H_s = H_n(\max) \quad \text{Plant} \quad H_s = Z_{\text{turbine}} - Z_{\text{T.W.L}}$$

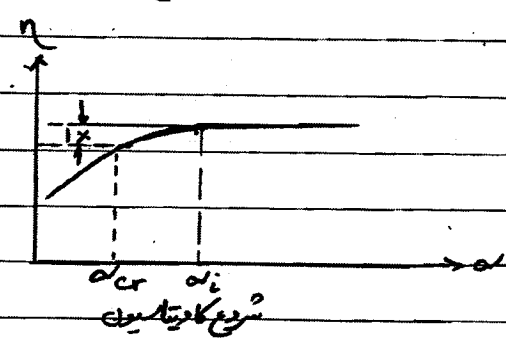
عدد توربین (توربین)

\* در حالت غزاق  $H_s < 0$

در تمام بار (load)



(مدل بسته توربین)

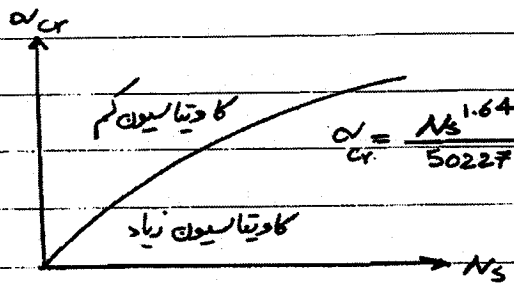


$$(\text{Safety Margin}) S.M = H_n(\alpha_p - \alpha_{cr}) \rightarrow S.M = 4 \sim 5 \text{ m}$$

حداکثر  $\max \eta$



Fl



$H_{WL} = 289.7 \text{ m}$

$T.W.L = 264.23 \text{ m} \quad T.W.L_{min} = 262.7 \text{ m}$

$Q = 30.44 \text{ m}^3/\text{s} \quad H_L = 0.15 \text{ m} \quad T = 21.1^\circ\text{C} \quad \eta = 0.9$

$H_{n,max} = H_{WL} - T.W.L_{min} - H_L = 26.85 \text{ m}$

$H_n = H_{WL} - T.W.L - H_L = 25.32 \text{ m}$

$P = \rho g H_n Q \eta = 6.8 \text{ MW}$

$N_s = 3470 H_n^{-0.625} = 460.43 \quad N_s = \frac{N \sqrt{P(\text{KW})}}{H_n^{0.75}} \quad N = 317 \text{ rpm} \quad N_p = \frac{120}{N} \quad N_p = 19$

$\rightarrow \text{ت. جری} \rightarrow N_p = 20 \quad G \rightarrow N = 300 \text{ rpm} \rightarrow N_s = 435.55$

$\alpha = \frac{N_s^{1.64}}{50227} = 0.42$

$\alpha_{cr} = \alpha_p = \frac{H_n - H_r - H_s}{H_{n,max}} \rightarrow H_s = 2.016 = Z_{TUR} - Z_{T.W.L}$

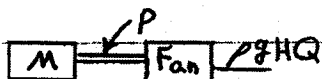
$\rightarrow Z_{TUR} = \frac{262.7}{T.W.L_{min}} - 2.016 = 260.68 \text{ m}$

د. ب. ا. ج. ا. ن.  $\rightarrow$



فن ( Fans )

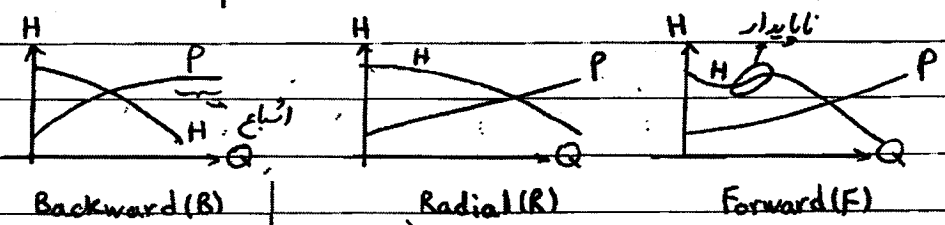
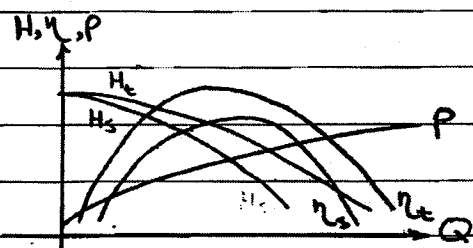
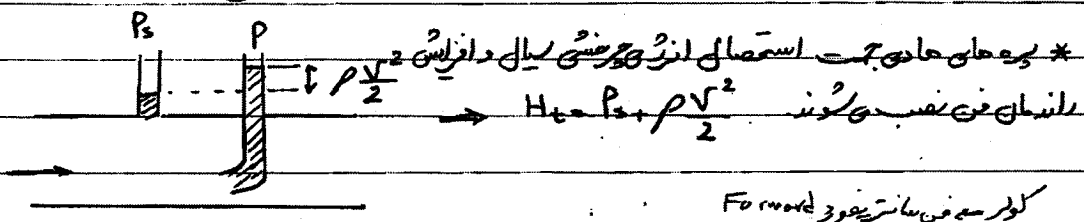
دامنه کار فن ها از ضخک کردن یک قطعه الکترونیک که متراکم هوا را در یک ساعت جایگزین کند  
 چندولت قدرت لازم دارد شروع می شود تا فن تهویه معدن که هوای یک متر مکعب را در یک دقیقه  
 جایگزین کند و صفا کیلوات توان لازم دارد.



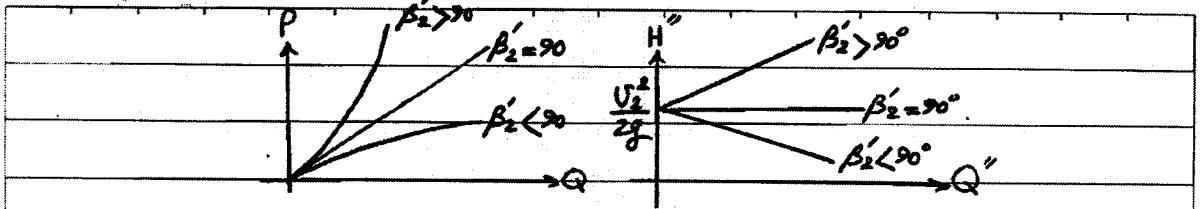
تراکم ناپذیر Fans - افزایش فشار کم  
 برای انتقال و افزایش فشار گازها Blowers - افزایش فشار متوسط  
 کمپرسور Compressor - " " زیاد

Radial  
 Forward - سانتری فوج  
 Backward

فن  
 محوری - ساده  
 لوله ای - بدون بره هدایت کننده  
 بره ای - بره ما هدایت کننده قبل و بعد از خم

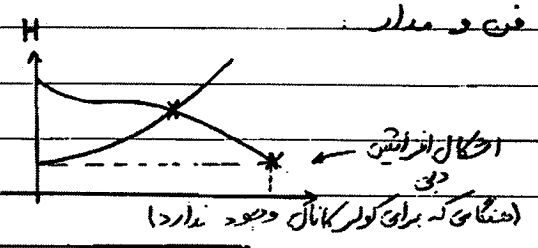
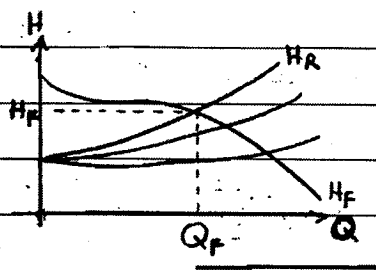


<p>Backward (B)</p> <p>دچار افزایش بار نمی شوند</p> <p>دانسیته بهتر</p> <p>فوزیتر</p> <p>- ایبار</p>	<p>Radial (R)      Forward (F)</p> <p>دچار افزایش بار می شوند</p> <p>فضای گریز اشغال می کنند</p> <p>- احتمال رولب گرفتن کمتر است. (R)</p> <p>- احتمال ناایبار کردن فن وجود دارد (F)</p> <p>(<math>\beta_2 \uparrow</math>)</p>
--	--



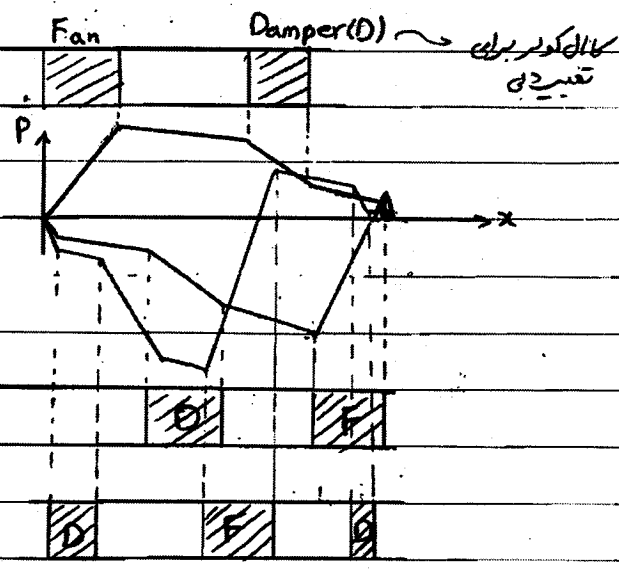
بجایست و به صورت این فرم ساخته شود → رانندگی بالا  
نیز کمتر

در جلو	شای	مجموعه	در عقب	
F	R	A	B	
1	3	2	4	اندازه
4	3	1	2	قدرت
4	3	1	2	صدا
↓	↓	↓	↓	
9	9	4	8	



فن و مدار

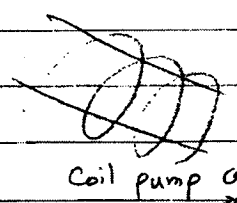
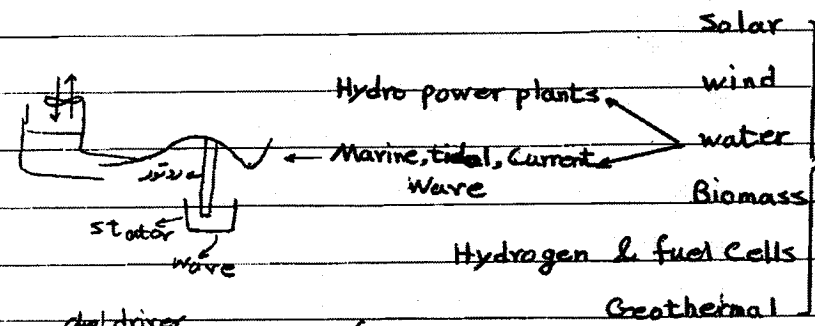
اشکال افزایش دبی  
مشکلی که برای کولر کانال وجود ندارد



عمل نصب فن

کال کولر برای تغییر دبی

انرژی های تجدیدپذیر



$$H \neq f(N)$$

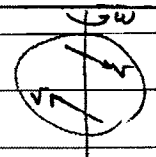
$$H = f(\text{تعداد کویل})$$

انرژی و توربین باد

ایرانیان حدود ۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح از آسیاب های بادی استفاده می کردند.  
 بیستون جای بادگیر است که در آن باد آسیاب ها را گردش دهد و آب را از چاه کند.  
 در قرون وسطی آسیاب های بادی در فرانسه، ایتالیا و اسپانیا ویرتغال متداول شد.

منشأ باد

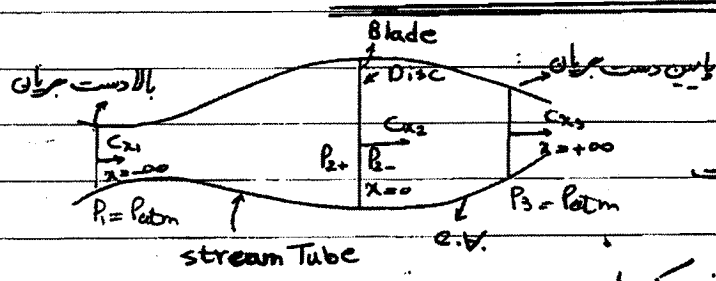
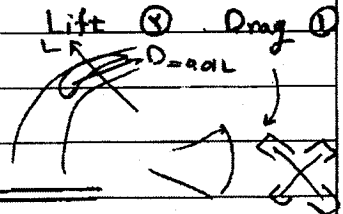
- ① تابش نور خورشید
- ② حرکت و فنوسنایی
- ③ دوران زمین
- ④ جریان اقیانوسی



شتاب گرینویچ و گریز از مرکز

تقسیم بندی توربین های باد

- ① Drag
- ② Lift
- ③ HAWT
- ④ VAWT



تئوری دیسک حرکت

فرضیات:  
 جریان دائم و یکنواخت در بالا دست  
 "  
 "  
 "  
 "  
 "  
 "  
 "  
 "  
 "  
 "  
 "  
 "  
 "  
 "  
 "  
 "  
 "

جریان فرضی تولید نمی شود (یعنی دیسک)  
 تراکم ناچیز  
 جریان دائم و یکنواخت در پایین دست

$$\dot{m} = \rho C_{x_2} A_2$$

با د نظر گرفتن stream Tube یک حجم کنترل خواهم داشت  
 $\dot{X} = \dot{m}(C_{x_1} - C_{x_3}) \Rightarrow P = \dot{X} C_{x_2} = \dot{m}(C_{x_1} - C_{x_3}) C_{x_2}$

تکالیفات کل در حجم کنترل نیز به صورت زیر است:  

$$\dot{m} \left( \frac{C_{x_1}^2}{2} - \frac{C_{x_3}^2}{2} \right) = P_{in}$$

$\rightarrow P = P_{in} \Rightarrow \boxed{C_{x_2} = \frac{1}{2}(C_{x_1} + C_{x_3})} \Rightarrow$  توزیع بتز

معادله 1:

①  $(P_1 - P_2) A_2 = \dot{m}(C_{x_1} - C_{x_3}) = \rho A_2 C_{x_2} (C_{x_1} - C_{x_3}) \Rightarrow \Delta P = \rho C_{x_2} (C_{x_1} - C_{x_3})$   
 ↓  
 تبدیل به یک

②  $P_1 + \frac{1}{2} \rho C_{x_1}^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho C_{x_2}^2$   
 ③  $\frac{P_3}{\rho} + \frac{1}{2} \rho C_{x_3}^2 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{1}{2} \rho C_{x_2}^2$   
 $\Rightarrow \frac{1}{2} \rho (C_{x_1}^2 - C_{x_3}^2) = P_1 - P_2 = \Delta P$

$\rightarrow C_{x_2} = \frac{1}{2}(C_{x_1} + C_{x_3})$

فیب تغییر جریان در (a)

$$\begin{cases} P = \rho A_2 C_{x_2}^2 (C_{x_1} - C_{x_3}) \\ C_{x_3} = 2C_{x_2} - C_{x_1} \end{cases} \Rightarrow C_{x_1} - C_{x_3} = C_{x_1} - 2C_{x_2} + C_{x_1} = 2(C_{x_1} - C_{x_2})$$

$\rightarrow P = 2\rho A_2 C_{x_2}^2 (C_{x_1} - C_{x_2})$   
 اگر  $C_p$  را بنویسیم  
 $\bar{a} = \frac{C_{x_1} - C_{x_2}}{C_{x_1}} \Rightarrow C_{x_2} = C_{x_1}(1 - \bar{a})$   
 $\Rightarrow P = 2\bar{a} \rho A_2 C_{x_1}^3 (1 - \bar{a})^2$   
 $X = 2\bar{a} \rho A_2 C_{x_1}^2 (1 - \bar{a})$

توان در این سیستم

توان از این سیستم به دست می آید  
 $P_o = \frac{1}{2} C_{x_1}^2 (\rho A_2 C_{x_1}) = \frac{1}{2} \rho A_2 C_{x_1}^3 \Rightarrow \boxed{C_p = \frac{P}{P_o} = 4\bar{a}(1 - \bar{a})^2}$   
 توان از این سیستم به دست می آید در (a)

$\frac{dC_p}{d\bar{a}} = 4(1 - \bar{a})(1 - 3\bar{a}) = 0$   
 $\rightarrow \bar{a} = 1 \rightarrow \text{Min} \rightarrow C_p(\text{min}) = 0$   
 $\rightarrow \bar{a} = \frac{1}{3} \rightarrow \text{Max} \rightarrow C_{p(\text{max})} = \frac{16}{27} = 0.593$

۴۷

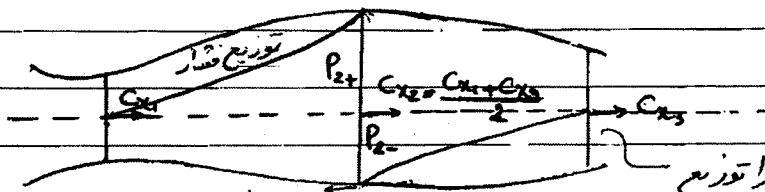
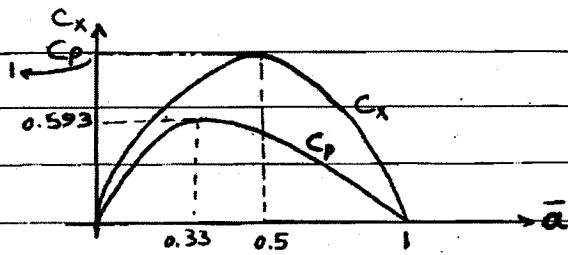
(بهینه)  $\bar{C}_p = \frac{C_p}{C_{pmax}} = \frac{27}{16} C_p$

ضریب عملکرد

ضریب نیروی هوائی

$$C_x = \frac{X}{\frac{1}{2} \rho C_{x1}^2 A_2} = 4\bar{a}(1-\bar{a})$$

$$\frac{dC_x}{d\bar{a}} = 0 \rightarrow \bar{a} = 0.5 \rightarrow C_{xmax} = 1$$



توان خروجی

انبات لیدر توزیع  
تغییر اینترت است

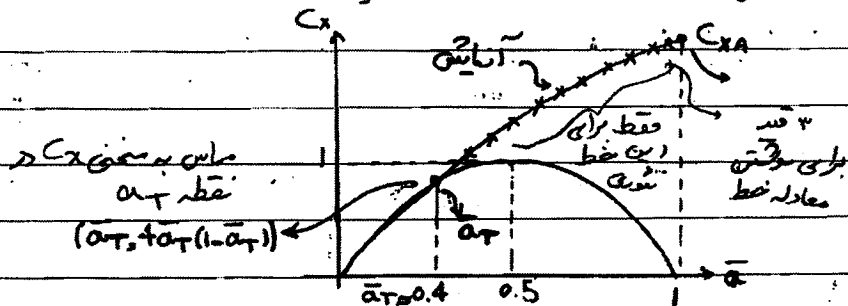
$$C_{x2} = C_{x1}(1-\bar{a})$$

$$C_p = \frac{P}{P_0} = 4\bar{a}(1-\bar{a})^2, \text{ Max @ } \bar{a} = \frac{1}{3}$$

$$C_x = \frac{X}{\frac{1}{2} \rho C_{x1}^2 A_2} = 4\bar{a}(1-\bar{a}), \text{ Max @ } \bar{a} = \frac{1}{2}$$

تصح مقادیر باله  $\bar{a}$

$$C_{x3} = C_{x1}(1-2\bar{a}) \text{ @ } \bar{a} = \frac{1}{2} \rightarrow C_{x3} = 0$$



۵۱

begin: 
$$\begin{cases} C_x = C_{XA} - 4(C_{XA} - 1)(1 - \bar{a}) \\ \bar{a}_T = 1 - \frac{1}{2} C_{XA}^{0.5} \end{cases}$$

$C_x = 0.4256 + 1.3204 \bar{a}$  ←  $C_{XA} = 1.816$  : ایندرون بیستادو کند  
 $\rightarrow \bar{a}_T = 0.326$

توان خروجی: 
$$\begin{cases} P = \frac{1}{2} \rho A_2 C_p C_{xi}^3 (-C_p P_0) \\ P' = \frac{1}{2} \rho A_2 C_p C_{xi}^3 (\eta_g \eta_d) \end{cases}$$
  
 Generator ← Driver

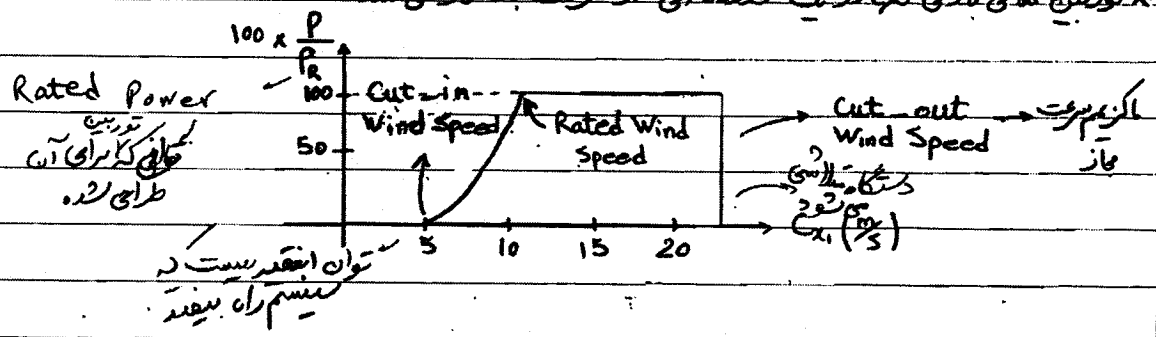
توان  $C_{p_{max}} = 0.593 \rightarrow$  :  $C_p \in (0.3, 0.35)$

$P = 20 \text{ kW}$  ,  $C_{xi} = 7.5 \text{ m/s}$  ,  $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$  ,  $C_p = 0.35$  ,  $\eta_g = 0.75$  ,  $\eta_d = 0.85 \rightarrow$   $d$  (متر)؟

$P' = \frac{1}{2} \rho A_2 C_p C_{xi}^3 (\eta_g \eta_d) \rightarrow 20 \times 10^3 = \frac{1}{2} \times 1.2 \times A_2 \times 0.35 \times 7.5^3 \times 0.75 \times 0.85$

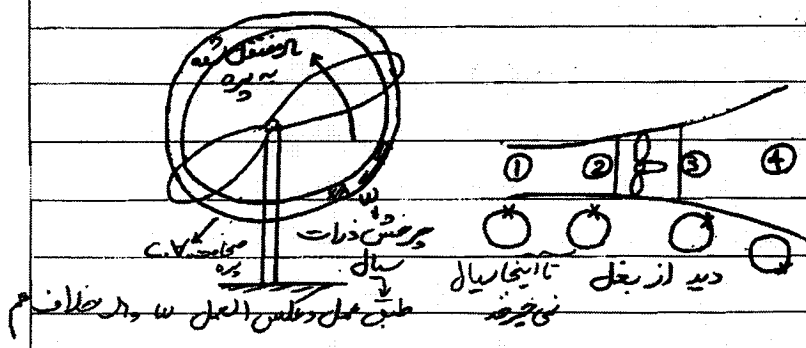
$\rightarrow A_2 = 354.11 \text{ m}^2 \rightarrow \frac{\pi}{4} d^2 = 354.11 \rightarrow d = 21.23 \text{ m}$

توان خروجی و توان ورودی از سرعت باد کار کند





روش برای جریان حلقوی در چرخ



با توجه به رابطه در ممتد زاویه ای داریم:

$$dT = d(L) = d(I\omega) = d(mr^2\omega) \rightarrow dT = \frac{dm}{dt} r^2 \omega = dm r^2 \omega$$

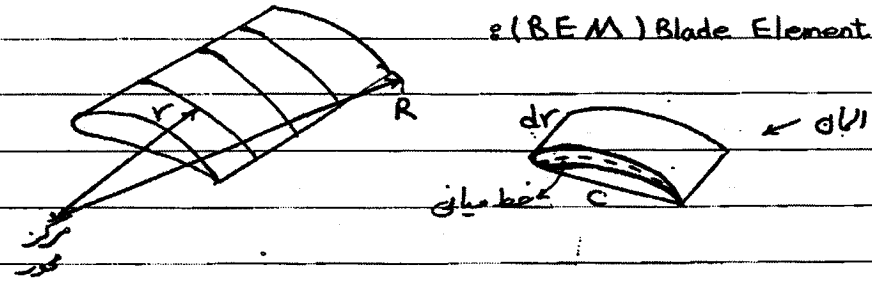
گشتاد داریم

$$\rightarrow dT = \rho (2\pi r dr) C_{x2} r^2 \omega = \rho C_{x2} \omega r^2 2\pi r dr$$

فرض کنیم  $a' = \frac{\omega}{2\pi r}$  ضریب القای جریان ماسی:

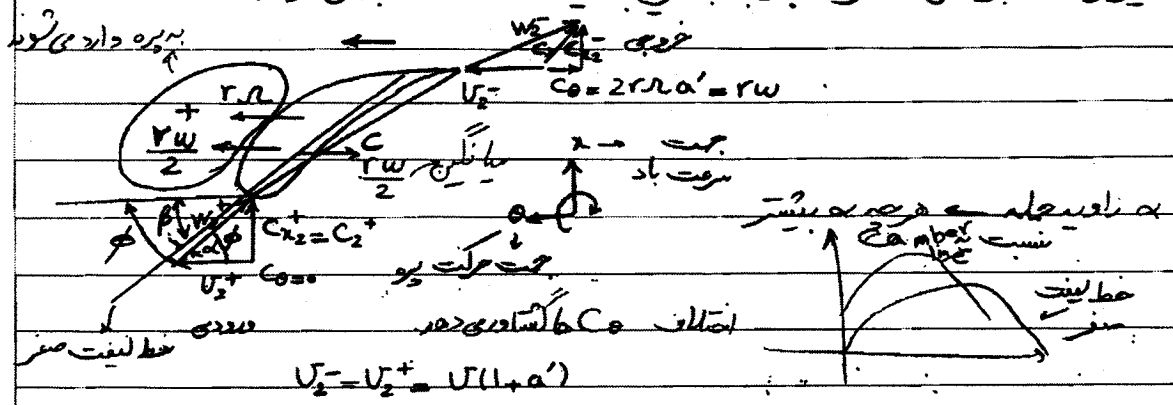
$$\rightarrow dT = 4a'(1-a') \rho C_{x2} \pi r^3 \omega dr$$

(BEM) Blade Element Method



فرضها:

- ① هر دو مقطع بین الان ها موازی و عمود بر یکدیگر.
- ② نیروی وارد بر الان ها صرفاً، با توجه به ضریب القای و در یک محاسبه شوند.



$$dC = (dm) \frac{2a' r \Omega r^2}{w} = \rho (2\pi r dr C_{x2}) 2a' r r^2$$

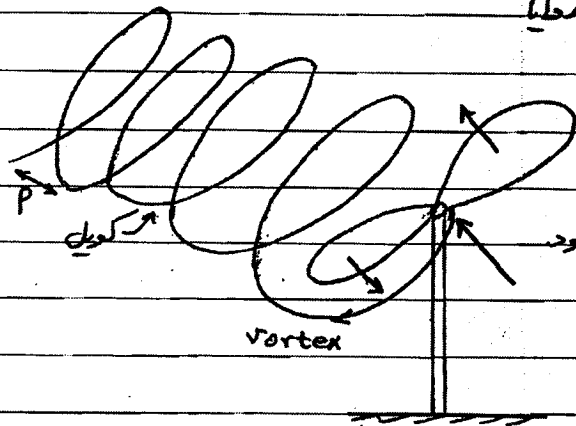
$$\Rightarrow dC = 4\pi \rho C_{x2} (1-a') a' r^3 dr$$

$$P = \int r dC = 4\pi \rho C_{x2} \int_{r_{hub}}^{R_{tip}} (1-a') a' r^3 dr$$

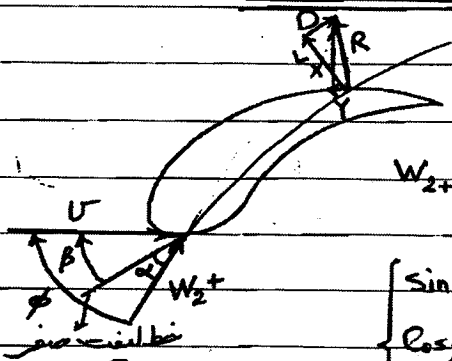
$r \text{ و } r^2: a, a' = f(r)$

$$V_2 = U(1+a') = r\Omega(1+a') = r\Omega + \underbrace{r\Omega a'}_{\frac{r\omega}{2}}$$

میان بردار سرعت خطی



\* اگر سرعت جریان در نقاط دورتر  
 باشد، کدیلا (کم کدیلا) از هم کمتر شود



اگر سرعت در یک نقطه و در یک نقطه دیگر  
 گرفته شود (تقریباً)

$$W_{2+} = \{C_{x2}^2 (1-a')^2 + (r\Omega)^2 (1+a')^2\}^{0.5}$$

$$\begin{cases} \sin \phi = \frac{C_{x2}}{W_{2+}} = \frac{C_{x2}(1-a')}{W_{2+}} \\ \cos \phi = \frac{r\Omega(1+a')}{W_{2+}} \\ \tan \phi = \frac{C_{x2}(1-a')}{r\Omega(1+a')} \end{cases}$$

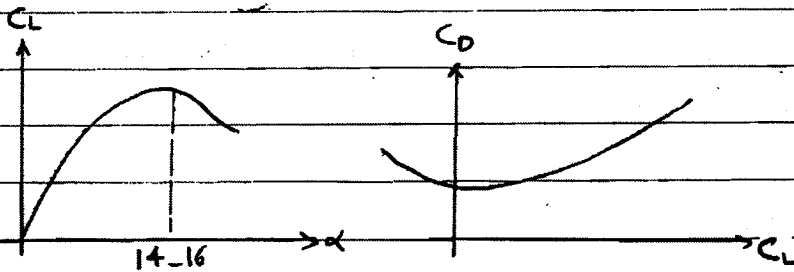
$$Y = L \sin \phi - D \cos \phi \Rightarrow C_L(\alpha) = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho W^2 l} \rightarrow \text{chord دوط}$$

نیروی  
 دوط

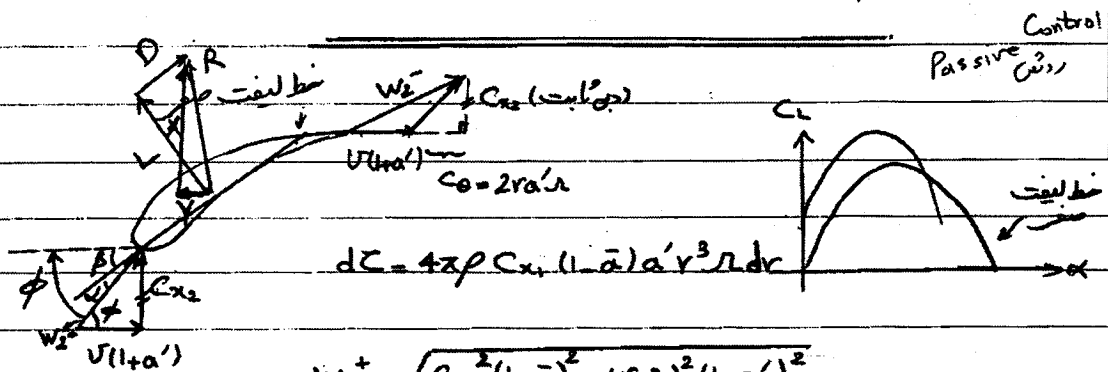
$$X = L \cos \phi + D \sin \phi \Rightarrow C_D(\alpha) = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho W^2 l}$$



د1



$$D \approx 0.01 L$$



$$dC = 4\pi \rho C_{x1} (1-a) a' r^3 \omega dr$$

$$W_2^+ = \sqrt{C_{x1}^2 (1-a)^2 + (r\omega)^2 (1+a')^2}$$

$$\sin \phi = \frac{C_{x2}}{W_2^+}, \quad \cos \phi = \frac{r\omega(1+a')}{W_2^+}$$

$$\tan \phi = \frac{C_{x1}(1-a)}{r\omega(1+a')}$$

$$Y = L \sin \phi \cdot D \cos \phi \rightarrow C_l = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho W^2 l}$$

$$X = L \cos \phi \cdot D \sin \phi \rightarrow C_d = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho W^2 l}$$

تکلیف نیروی بزرگ و BEM

$$dX = (L \cos \phi + D \sin \phi) dr \rightarrow \text{در جهت محور x}$$

$$dC = r(L \sin \phi - D \cos \phi) dr \rightarrow \text{در جهت محور y}$$

$$dC = \frac{1}{2} \rho W^2 r (C_l \sin \phi - C_d \cos \phi) Z l dr$$

$$dP = r dC = \frac{1}{2} \rho W^2 r r (C_l \sin \phi - C_d \cos \phi) Z l dr$$

$$dX = \frac{1}{2} \rho W^2 (C_l \cos \phi + C_d \sin \phi) Z l dr$$

تکلیف نیروی کوچک

$$dX = d \sin (C_{x1} - C_{x2}) = d \sin C_{x2} \left( \frac{2a}{1-a} \right)$$

$$dC = (2\pi r dr) \rho C_{x2} (2r C_d), \quad C_d = r \omega a' \sqrt{\dots}$$

$$C_d = 2\pi r a' \sqrt{\dots}$$

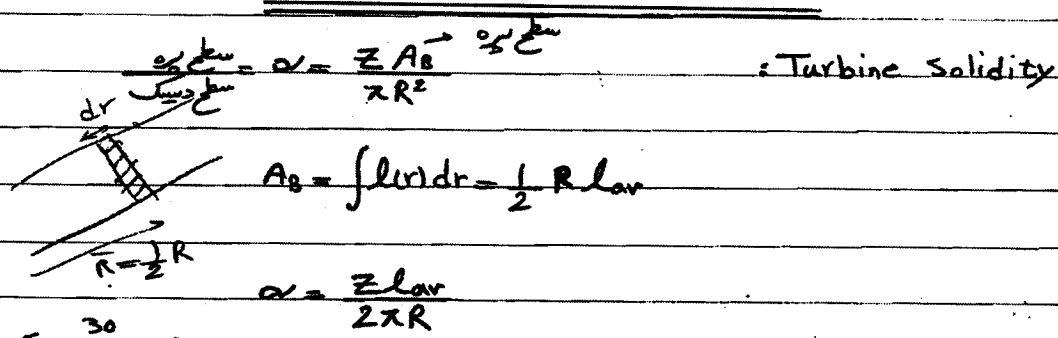
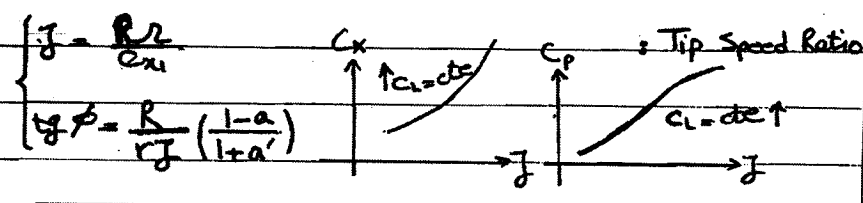
$a = \frac{Zl(C_L \cos \phi + C_D \sin \phi)}{8\pi r \sin^2 \phi} \quad (dX = dX)$

$\frac{C_x C_D}{W^2} = \frac{Zl(C_L \sin \phi - C_D \cos \phi)}{8\pi r} \rightarrow \frac{a'}{1+a'} = \frac{Zl(C_L \sin \phi - C_D \cos \phi)}{8\pi r \sin \phi \cos \phi}$

$\lambda = \frac{Zl C_L}{8\pi r} \quad E = \frac{C_D}{C_L}$

$\frac{a}{1-a} = \lambda (\cos \phi + E \sin \phi) / \sin^2 \phi$   
 $\frac{a'}{1+a'} = \lambda (\sin \phi - E \cos \phi) / \sin \phi \cos \phi$

$E=0 \rightarrow$  ...



$D_R = 30m, \lambda = 5, l = 1m, C_D \approx 0, r = 0.2, \beta = 2^\circ, 10.5 \text{ dl}^2$

$a = ? \quad a' = ? \quad (\text{Chord } d)$  ,  $Z = 3$

$\text{tg } \phi = \frac{R}{r\lambda} \frac{(1-a)}{(1+a')} \frac{E \sin^2 \phi}{\cos \phi} \rightarrow \text{tg } \phi = 0.2105 \rightarrow \phi = 11.82^\circ \rightarrow \alpha = \phi - \beta = 9.82^\circ$

$C_L = 0.1 \alpha^2 = 2\pi \sin \alpha = 0.981$  : ... Chord daki ...

$\lambda = \frac{Zl C_L}{8\pi r} \rightarrow \lambda = 0.008743$

$\frac{a}{1-a} = \frac{\lambda (\cos \phi + E \sin \phi)}{\sin^2 \phi} \rightarrow a = 0.1677$

$\frac{a'}{1+a'} = \frac{\lambda (\sin \phi - E \cos \phi)}{\sin \phi \cos \phi} \rightarrow a' = 0.00902$

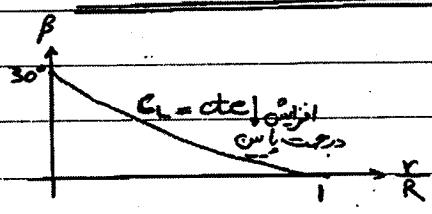
۵۴

باقره دانه دوباره در حالت  $\phi = \frac{h}{r_f} \times \frac{1-a}{1+a}$  درجه را حساب کنیم.  
به این عملیات:

$a = 0.1925$  ,  $a' = 0.00685$

که به این فرمول انحراف در خط میانی کوچک داریم:

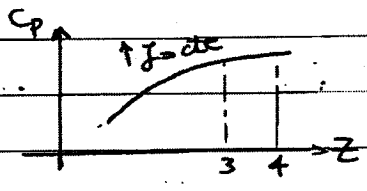
$C_L = 2\pi \sin \alpha = 2\pi \alpha \text{ (rad)} = 0.1 \alpha \text{ (degree)}$   
↓  
 $\alpha$  (ک)



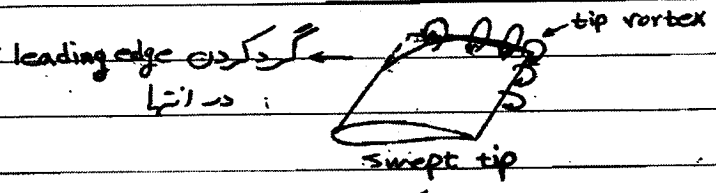
ناله  $\beta$  Twist



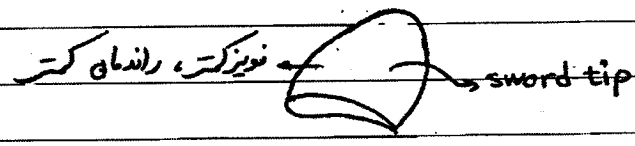
- عبارت مؤثر بر شکل پره
- Taper
- Twist
- J
- Solidity



\* اگر طول پره کوچک و تعداد پره ها زیاد شود  $\rightarrow$   $(1, 2, 3, 4)$



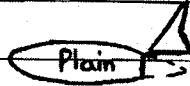
برای کاهش ریزش گردابه ها از sword استفاده کنیم



Blade Pitch Control

کنترل Blade Pitch Control ← جهت باد →

Stall & Passive



← فینیک بگیرد → Aileron

\* بیشتر توربین ها استفاده از این دو سیستم می کنند

$L_0 = 22.9m$   $N = 28.5 \pm 10\% rpm$   $D_R = 47m$

نقطه از 23.5 برای ارتفاع 10m  $Pitch Control$   $m = 1150kg$

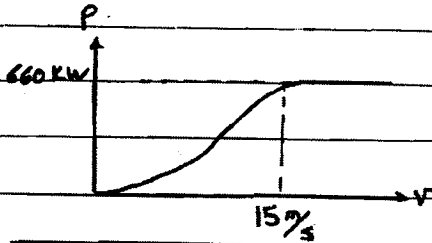
نقطه از 660kW

$V_{wind-Rated} = 15 \frac{m}{s}$   $V_{wind-Min} = 4 \frac{m}{s}$   $V_{wind-max} = 25 \frac{m}{s}$

@  $\frac{v}{R} = 1 \rightarrow \beta = 0$

$\alpha = 7 \sim 8^\circ$

@  $\frac{v}{R} = 0 \rightarrow \beta = 15.17^\circ$

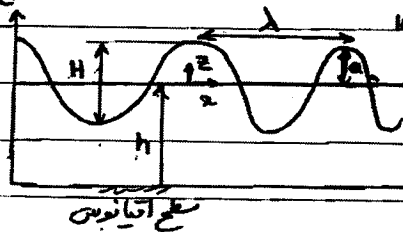


← wave power ← موج  
 ← Current-tidal ← جریان جزریه  
 ← Salinity Gradient Energy ← گرادیان شوری

حدود 70% سطح زمین را اقیانوس ها تشکیل می دهند که بزرگترین منبع انرژی در دنیاست

$100,000 TWh$  / year

سطح آب  $\eta(x,t)$



SWL

$u(x,z,t)$

$v(x,z,t)$

سطح اقیانوس

۵۵

$$\eta(x,t) = \frac{H}{2} \sin\left(\frac{2\pi x}{T} - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

با اصل تغییر دایم

$$E_k = \int_{-h}^{\eta} \frac{1}{2} \rho v^2 dz$$

متوسط زمان انرژی جنبشی بر واحد سطح:

$$\rightarrow E_k = \frac{1}{4} \rho g a^2 \rightarrow \text{انرژی جنبشی}$$

$\leftarrow$   $\frac{1}{4} \rho g a^2$   $\leftarrow$  انرژی جنبشی  
 متوسط  $\leftarrow$   $a = \frac{H}{2}$

موج با انرژی جریان باد در سطح آفتاب ایجاد شود

انرژی جزر و مد (tidal):

تغییر عمقیت زمین و ماه ایجاد شود

www.vepub.com

MARY ELLEN

[www.vepub.com](http://www.vepub.com)

Publish Your Mind

Lined writing area consisting of multiple horizontal lines for text entry.