

## Selection of rigs

Javad Farzaneh

duty	I	II	III	IV	V
drawworks HP	700	1000	1500	2000	3000
Max depth with 5" drill pipe	< 500 m	< 500 m	< 500 m	5500 m	More

برای انتخاب دکل، دو پارامتر مهم است: قدرت، drawwork - بیشترین عمقی که می تواند حفاری کند

## Rig power system:

① out put power:

$$P = T \cdot \omega$$

h.p (torque)      rad/s (angular velocity)  
lb<sub>f</sub>.ft (torque)

② input power:

$$Q_i = w_f \cdot H$$

h.p (input power)      lb<sub>f</sub>.ft (weight of fluid)

rate of fuel Consumption (  $\frac{\text{lb}_m}{\text{min}}$  ) (  $\frac{\text{lb}_m}{\text{min}}$  )      heating value (  $\frac{\text{Btu}}{\text{lb}_m}$  ) (  $\frac{\text{Btu}}{\text{lb}_m}$  )

overall power system efficiency:

$$E_t = \frac{P}{Q_i}$$

out put power  $\leftrightarrow$  break horsepower

$$1 \text{ hp} = 33,000 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{min}} \quad \text{و} \quad 1 \text{ Btu} = 778 \text{ lb}_f \cdot \text{ft}$$

در دورابطی ① و ② باید از طریق این دو تبدیل ( ) به مقدار hp رسید

مثلاً در رابطی ①، ابتدا مقدار P را بر حسب  $\frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{min}}$  بدست می آوریم، سپس با استفاده از رابطی ②، مقدار P را بر حسب hp بدست می آوریم.

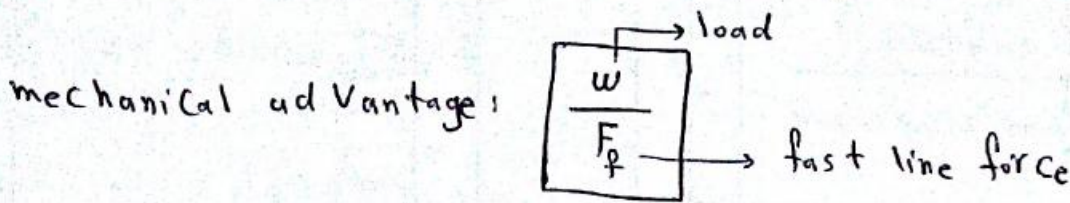
پایان



# ⊗ hoisting system (block and tackle)

javadfarzaneh@chmail.ir

در hoisting system ، ورودی ، نیروی اعمال شده توسط drawwork ، خروجی ، بالا رفتن w (یا همان وزن) است .



from statics:  $w = n F_f$  (در حالت ایستادن)  $n = 2, 3, 4, \dots$

input power:  $P_i = F_f \cdot v_f$

output power or hook power:  $P_h = w \cdot v_b$  hoisting speed  $v_{block}$

Efficiency (for ideal case):  $E = \frac{P_h}{P_i} = \frac{w \cdot v_b}{F_f \cdot v_f} = \frac{n \cdot F_f \cdot \frac{v_f}{n}}{F_f \cdot v_f} = 1$

Efficiency (for actual case):  $E = \frac{P_h}{P_i} = \frac{w \cdot v_b}{F_f \cdot v_f} = \frac{w \cdot \frac{F_f}{n}}{F_f \cdot v_f} = \frac{w}{n \cdot F_f}$

$\Rightarrow F_f = \frac{w}{n \cdot E}$

$v_f = n \cdot v_b$

line static force  $\leftarrow$  fast line force  $\rightarrow$

$F_d = w + F_s + F_f$

$F_s = \frac{w}{n}$  ,  $F_f = \frac{w}{E \cdot n}$

$F_d = w + \frac{w}{n} + \frac{w}{E \cdot n} = w \left( \frac{1 + E + E \cdot n}{E \cdot n} \right)$  نیروی که بر هر چهار تا پایه وارد می شود  $\rightarrow$   
 $\leftarrow$  برای یک پایه (leg)

load on each derrick leg: maximum load is  $\frac{w(n+1)}{En}$  if  $E \geq 1$

maximum equivalent derrick load:  $F_{de} = F_{max} = \left[ \frac{w(n+1)}{En} \right] = \frac{w(n+1)}{n}$



دerrick بارایی که به حد اکثر بار نیست  
وارد می شود (مقدار واقعی نیست)

$$F_{de} = \frac{w(n+1)}{n}$$

derrick efficiency :  $E_d$

$$E_d = \frac{\text{actual derrick load}}{\text{maximum equivalent load}}$$

$$E_d = \frac{w \left( \frac{1+E+E \cdot n}{E \cdot n} \right)}{w \left( \frac{n+1}{n} \right)} \Rightarrow$$

$$E_d = \frac{E(n+1)+1}{E(n+1)}$$

1 + تعداد قترقه های Travelling block = تعداد قترقه های Crown block

(تعداد قترقه های Travelling block)  $\times 2 = n$  (تعداد نخ های بین قترقه ها)

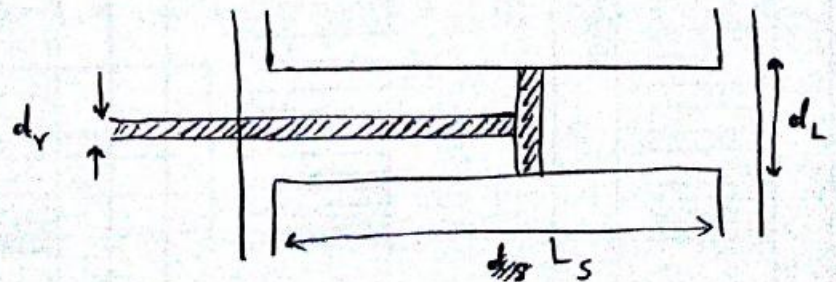
mud pumps :

① Two cylinders (duplex) : double acting (forward and backward strokes)

$d_r \rightarrow$  قطر rod

$d_L \rightarrow$  قطر liner

$L_s \rightarrow$  طول stroke



in forward movement:  $V_{fd} = \frac{\pi}{4} d_L^2 L_s$

in backward " :  $V_{b.d} = \frac{\pi}{4} d_L^2 L_s - \frac{\pi}{4} d_r^2 L_s$

$$V_d = \frac{\pi}{4} L_s (d_L^2 - d_r^2)$$

( $V_{duplex}$ )  $\frac{ft^3}{strokes}$

$$V_d = \eta_v \frac{\pi}{4} L_s (d_L^2 - d_r^2) E_v$$

volumetric efficiency

میت



⑤ Three Cylinder (triplex): single acting (forward stroke)

چون سه تا پیست داریم باید  
حجم کل را در ۳ ضرب کنیم

$$V_{\text{triplex}} = 3 \times \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot L_s \cdot E_v$$

pump flow rate :

$$q = V \cdot N$$

$V$ : pump factor:  $\frac{\text{ft}^3}{\text{stroke}}$

$N$ : Number of cycles per unit time: example: strokes per minute (SPM)

واحد های متریک با U

$$\frac{\text{ft}^3}{\text{min}} = \frac{\text{stroke}}{\text{min}} \cdot \frac{\text{ft}^3}{\text{stroke}}$$

Hydraulic power output of the pump (in horsepower)

$$h.p \leftarrow P_H = \frac{\overset{\text{psi}}{\Delta p} \cdot q}{1714} \rightarrow \frac{\text{gal}}{\text{min}} \text{ or gpm}$$

Lag time: مدت زمانی که طول می کشد تا کنده های حفاری از ته چاه به سطح زمین برسد

$$t = \frac{V_{\text{annulus}}}{q}$$

(ج.ف)

ف



Calculation of neutral point: ( $I_n$ )

①

در غیاب گل حفاری در داخل چاه

$$I_n = \frac{WOB}{W_s}$$

(drill collar) وزن خالی لوله حفاری ( $\frac{lbm}{ft}$ )

②

اگر گل در داخل چاه باشد

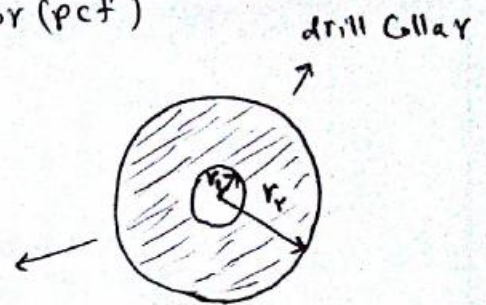
$$I_n = \frac{WOB}{W_s - \frac{\rho_m \cdot A_s}{144}}$$

 $\rho_m$ : average density of mud ( $\frac{lbm}{ft^3}$ ) or (pcf) $A_s$  = tubing مساحت ( $in^2$ )

$$A_e = \pi r_p^2$$

$$A_i = \pi r_i^2$$

$$A_s = A_e - A_i \rightarrow A_s = \pi(r_p^2 - r_i^2)$$



اگر بخواهیم اختلاف چگالی داخل و خارج لوله را اعمال کنیم (برای گل)

$$I_n = \frac{WOB}{W_s - \frac{\rho_e A_e}{144} + \frac{\rho_i A_i}{144}}$$

mud hydrostatic pressure:

$$P_h = 0.052 (MW) (d)$$

mud weight in pounds per gallon (ppg)

⊕ برای اینکه حداکثر و حداقل قطر نازل ها (یا مساحت نازل ها) را تعیین کنیم، باید، حداکثر و حداقل سرعت سیال حفاری (گل حفاری) از داخل نازل ها را بدانشیم

حداکثر سرعت گل از داخل نازل ها: ۱۵۰ ft/min  
حداقل سرعت گل از داخل نازل ها: ۸۰ ft/min

مهر



در حالت دینامیک درون مخزن (Equivalent circulating density) ECD نامیده می شود، و از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$ECD = MW + \frac{\Delta P}{0.052 \times (d)}$$

افت فشار در فضای حلقوی PSI

عمق چاه بر حسب ft

وزن گال (  $PPG = \frac{15.8}{9.8}$  ) در حالت استاتیک

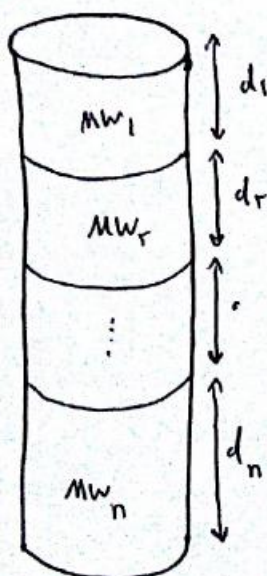
چنانچه گال در حال گردش باشد به علت افت فشاری که در Annulus وجود دارد، فشار ته چاه بیشتر از حالت ساکن می باشد و برابر است با:

$$P = P_o + \Delta P_{An}$$

افت فشار در آنولوس

فشار در حالت استاتیک (pressure drop in Annulus)

در صورتیکه چند نوع سیال در چاه موجود باشد، فرض می شود که به جای این سیال ها، فقط یک نوع سیال وجود دارد که فشاری معادل را ایجاد می کند



$$P_{tot} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

$$(0.052)(MW)_t(d)_t = 0.052(MW_1 d_1 + MW_2 d_2 + \dots + MW_n d_n)$$



# Buoyancy

mud density

weight of drill string in air

$$F_{b_o} = \rho_m \cdot V = \rho_m \cdot \frac{W}{\rho_s}$$

$$\text{Steel density: } 490 \frac{\text{lb}_m}{\text{gal}} = 490 \frac{\text{lb}_m}{\text{ft}^3}$$

effective weight :

$$W_e = W - F_{b_o}$$

completely suspended

$$W_e = W \left( 1 - \frac{\rho_m}{\rho_s} \right)$$

که وزن موثری که بردن دارد می شود  
در حالتیکه هیچ تماسی بین رشته و دیواره  
وجود نداشته باشد.

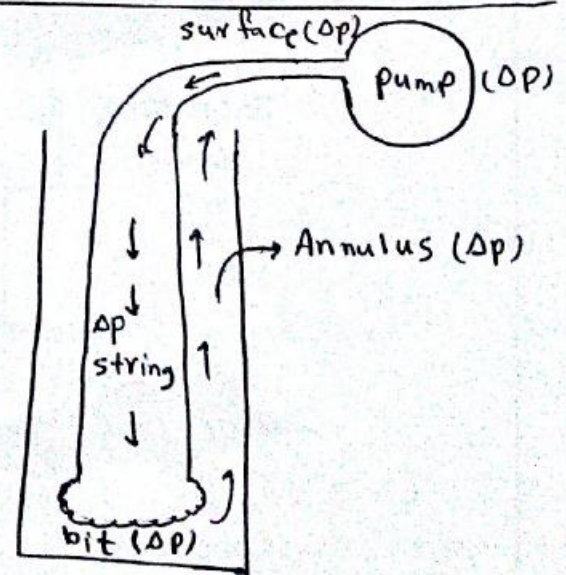
$$BF = 1 - \frac{\rho_m}{\rho_s}$$

buoyancy factor

$$\Rightarrow \text{باید بدانی} \quad 490 \text{ pcf} = 1.33 \text{ ppg}$$

$\Delta P_{bit}$  ، ۵۰٪ افت فشار را به خود  
اقبال می داند است.

$$\Delta P_{bit} = \Delta P_{annulus} + \Delta P_{surface} + \Delta P_{string}$$

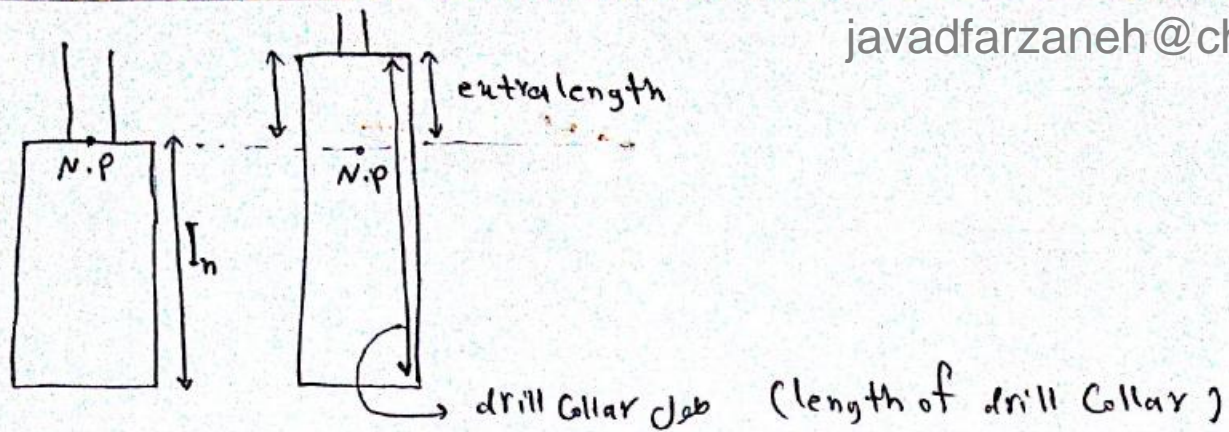


فشار پمپ باید آنقدر باشد تا بتواند برافت فشار مسیر  
غلبه کند.

$$\Delta P_{pump} = \Delta P_{Annulus} + \Delta P_{bit} + \Delta P_{surface} + \Delta P_{string}$$

✓





طول drill collar ها را باید بیشتر از  $L_n$  در نظر بگیریم و بسازیم تا اگر WOB افزایش یافت، وزن، روی لوله ها نیفتد. برای محاسبی تقریبی طول drill collar، مقدار  $L_n$  را در یک safety factor (SF) ضرب می کنیم: ( $SF > 1$ )

$$L_{d.c} = L_n \cdot SF = \frac{WOB}{w_{d.c} - \frac{\rho_m \cdot A_s}{144}} \cdot SF$$

توجه: گاهی وقت وقت ها به جای استفاده از  $SF$  از علامت  $SD$  (safety design) استفاده می کنند.

در صورتیکه N.P را در نزد  $d.c$  و  $d.p$  در نظر بگیریم، از یک لحاظ که تعداد  $d.c$  کمتری استفاده می کنیم بهتر است، اما در صورتیکه بنا به دلایلی خواستیم وزن بیشتری را اعمال کنیم، N.P به سمت بالا shift کرده و روی  $d.p$  قرار می گیرد و باعث bucking شده که این خوب نیست.

راش، فاصله N.P را از ته چاه می توانیم از رابطه زیر هم بدست آوریم

$$L_n = \frac{WOB}{w_{d.c} \cdot BF}$$

buoyancy factor =  $1 - \frac{\rho_m}{\rho_s}$

=

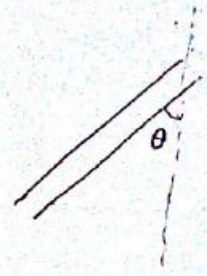
که این رابطه برابر رابطه زیر می باشد

$$L_n = \frac{WOB}{w_{d.c} - \frac{\rho_m A_s}{144}}$$



جواب: در صورتیکه از حالت عمودی به اندازه  $\theta$  انحراف پیدا کند، داریم:

$$I_n = \frac{w_{OB}}{\left( w_{dc} - \frac{P_m \cdot A_s}{144} \right) \cos \theta}$$



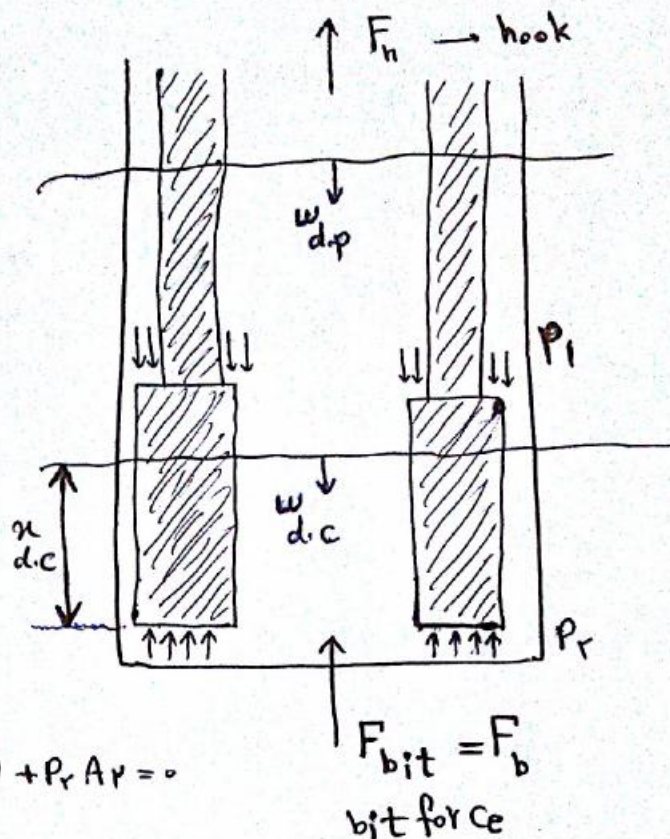
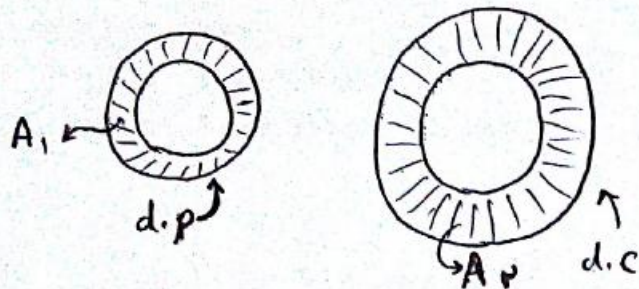


# Determination of Axial stress in drill string

jayadfarzaneh@chmail.ir

مسئله  $F_B$  اختلاف فشار بالا و پایین  
جسم است

جهت مثبت را به سمت بالا می گیریم



$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_h + F_b - w_{dp} - w_{dc} - p_i(A_r - A_1) + p_r A_r = 0$$

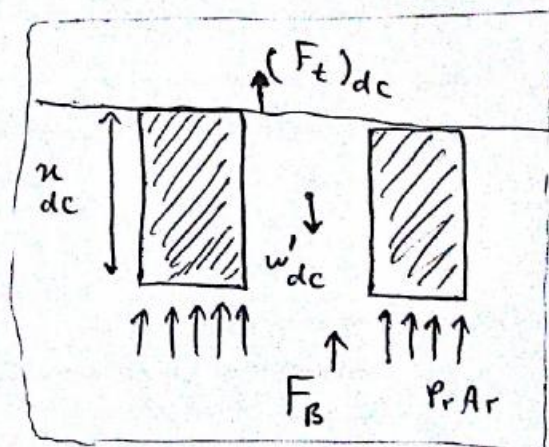
$$F_h = w_{dp} + w_{dc} - F_b + p_i(A_r - A_1) - p_r A_r$$

Free body diagram for D.C part

$$\sum F_y = 0 \rightarrow (F_t)_{dc} + p_r A_r + F_b - w'_{dc} = 0$$

$$(F_t)_{dc} = w_{dc} \cdot x_{dc} - p_r A_r - F_b$$

$\frac{V_b}{F_t}$  drill collar

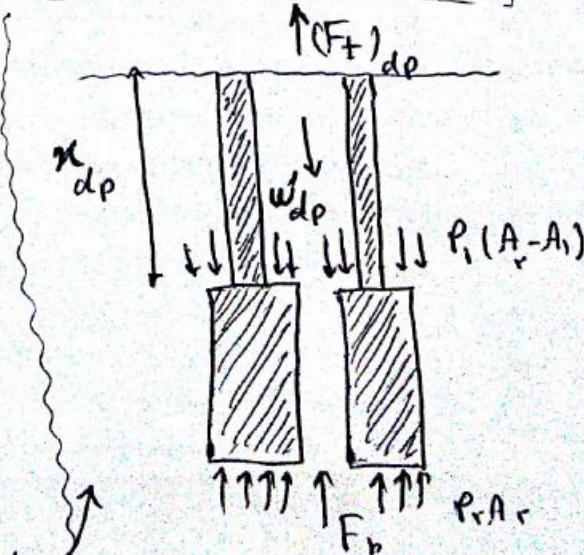


$$\sum F_y = 0$$

$$(F_t)_{dp} - w'_{dp} - w_{dc} + F_b + p_r A_r - p_i(A_r - A_1) = 0$$

$$(F_t)_{dp} = w_{dp} + w_{dc} \cdot x_{dp} - F_b + p_i(A_r - A_1) - p_r A_r$$

$\frac{V_b}{F_t}$  drill pipe



Free body diagram for D.P part



example :

prepare a graph of axial tension versus depth for the drill string describe in example 4.8 [ 10000 ft of 19.1 lb<sub>m</sub>/ft drill pipe and 400 ft of 145 lb<sub>m</sub>/ft drill collar and suspended off bottom in a 10 ppg mud ]

(Axial tension  $\rightarrow$  کشش محوری). Also develop expression for determining axial stress in the drill string.

$$(F_t)_{dc} = w_{dc} \cdot n_{dc} - p_r A_r - F_b = \text{bit off}$$

$$n_{dc} = 10400 - D$$

$$p_h = \gamma_m \Delta r (MW)(d) \rightarrow \text{وزن مایع}$$

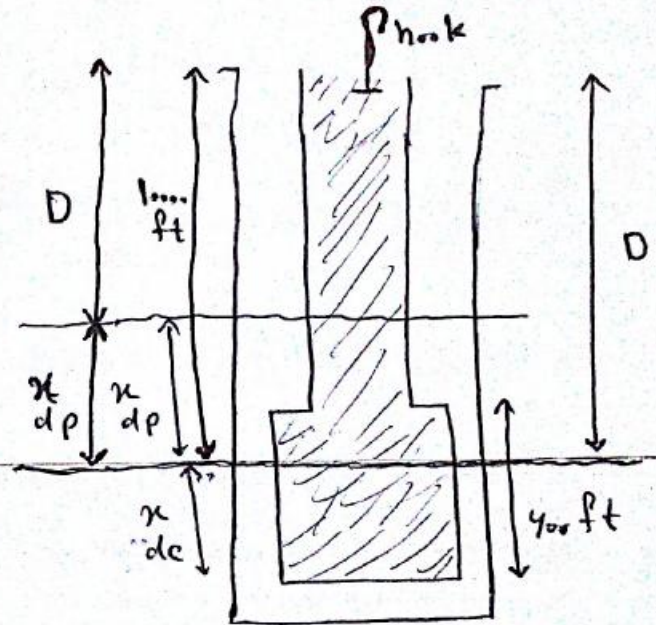
$$(F_t)_{dc} = 145(10400 - D) - \gamma_m \Delta r (10) 10400 A_r$$

$$\frac{m}{L} = \rho A \rightarrow 145 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} = 490 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} A_r$$

$$\rightarrow A_r = \frac{145}{490} \text{ ft}^2 \left( \frac{144 \text{ in}^2}{1 \text{ ft}^2} \right) \rightarrow A_r = 43.1 \text{ in}^2$$

$$(F_t)_{dc} = 1201000 - 145 D$$

$$10000 < D < 10400 \rightarrow D \text{ در این بازه مقبوض است}$$





drill pipe :

bit off bottom javadfarzaneh@chmail.ir

$$(F_t)_{dp} = \underbrace{w_{dc}}_{\substack{\text{lb/ft} \\ \text{ft}}} + \underbrace{w_{dp}}_{\substack{\text{lb/ft} \\ \text{ft}}} \pi d_p - (F_b + p_i (A_r - A_i) - p_r A_r)$$

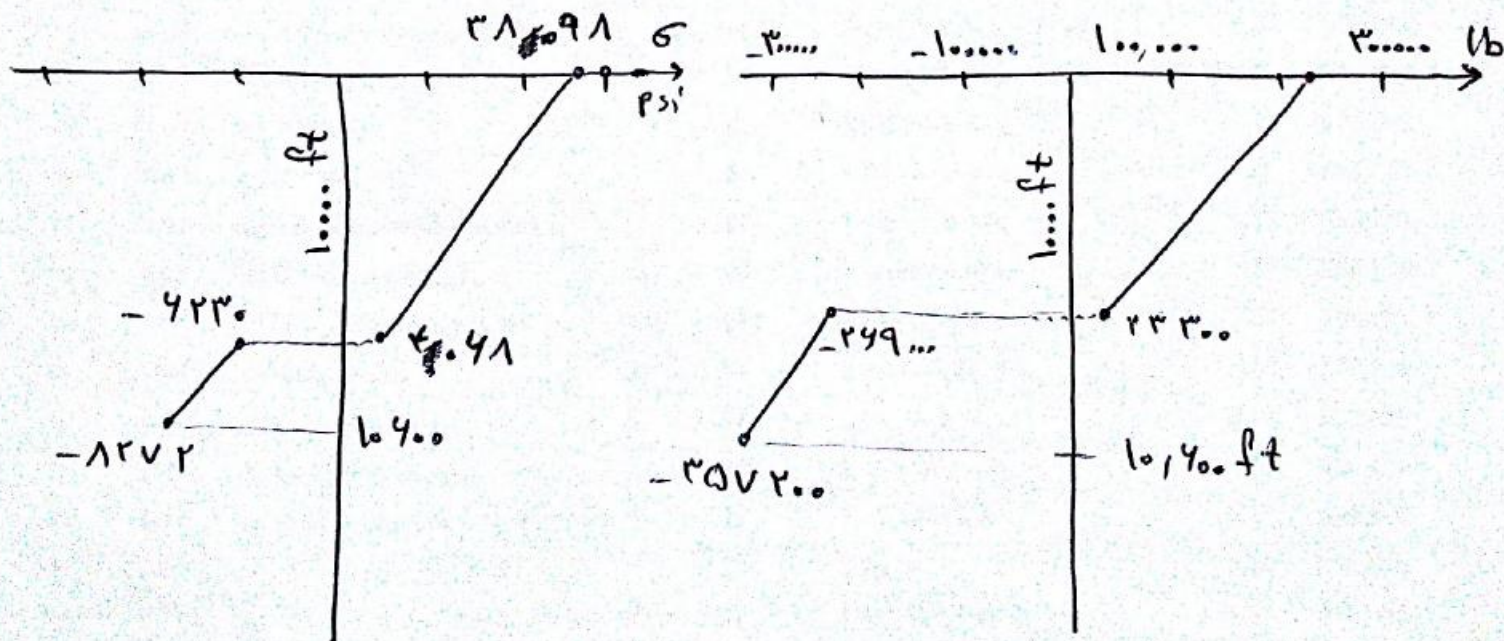
$$\frac{m}{l} = \rho A \rightarrow 19.0 = 49 \cdot A_i \rightarrow A_i = \frac{19.0 \text{ ft}^2}{49} \propto \frac{1 \text{ ft}^2 \text{ in}^2}{1 \text{ ft}^2} = 0.173 \text{ in}^2$$

$$(F_t)_{dp} = 400(145) + 19.0(1000 - D) - 0 + 0.05(10)(1000)(43.2 - 0.173) - 0.05(10)(10400)(43.2)$$

$$(F_t)_{dp} = 218300 - 19.0D \quad 0 < D < 1000$$

$$\sigma_{dc} = \frac{(F_t)_{dc}}{A_{dc}} = \frac{1201000 - 145D}{43.2} \rightarrow \sigma_{dc} = 27800 - 3.36D \quad 1000 < D < 10400$$

$$\sigma_{dp} = \frac{(F_t)_{dp}}{A_{dp}} = \frac{218300 - 19.0D}{0.173} \rightarrow \sigma_{dp} = 1261850 - 109.8D \quad 0 < D < 1000$$



شیب هر دو یکسان است.

شیب ها با هم برابر نیستند

میک



## Drilling Cost Analysis:

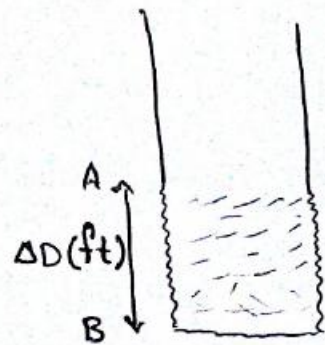
function of a drilling engineer:

is to recommend drilling procedure that will result in a well:

- a) in a safe manner
- b) economically (Cost)
- c) that can be completed.

④ times from A to B:

$$\left\{ \begin{array}{l} (1) t_b: \text{time that bit rotates (hr)} \\ (r) t_{\text{trip}}: t_t: \text{tripping time (hr)} \\ (r) t_c: \text{Connection time (hr)} \end{array} \right.$$



∴ we assume there is no problems occurring from A to B (stuck, wash out, kick, loss circulation<sub>n</sub>)

Cost per ft drilled ( $\frac{\$}{ft}$ )

$$C_f = \frac{C_r (t_b + t_t + t_c) + C_b}{\Delta D}$$

$C_r$  = rig Cost per hr ( $\frac{\$}{hr}$ )

$C_b$  = bit Cost (\$)



## problem 1.78

A recommended bit program is being prepared for a new well using bit performance records from nearby wells. Drilling records for the bits are shown below for a thick shale section of 1000 ft.

Bit	Bit Cost (\$)	Interval drilled (ft)	Rotating time (hrs)
A	500	104	9
B	600	110	9.1
C	1000	912	10.2

Determine which bit gives the lowest drilling cost if the hourly operating cost of the rig is 100 \$/hr and trip time is 10 hrs. the connection time is included in the rotating time.

$$C_f = \frac{C_r(t_b + t_t + t_c) + C_b}{\Delta D}$$

$$A: C_{fA} = \frac{100(9 + 10) + 500}{104} = 114.14 \text{ $/ft}$$

$$B: C_{fB} = \frac{100(9.1 + 10) + 600}{110} = 113.18 \text{ $/ft} \quad \checkmark$$

$$C: C_{fC} = \frac{100(10.2 + 10) + 1000}{912} = 114.14 \text{ $/ft}$$

How to determine when to discard a tool:

1) run to fail

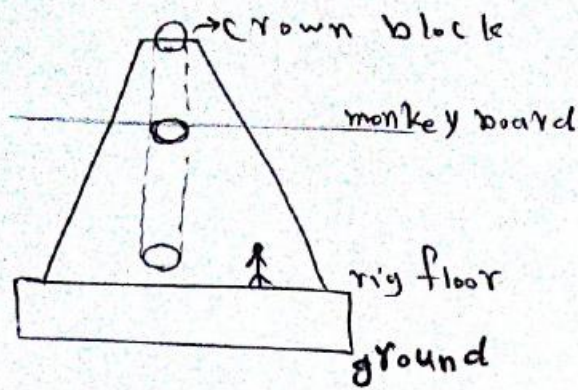
2) to be discarded before failure (Inspection)

→ 100%

CF



# ⊛ Slip-Cut of drilling line

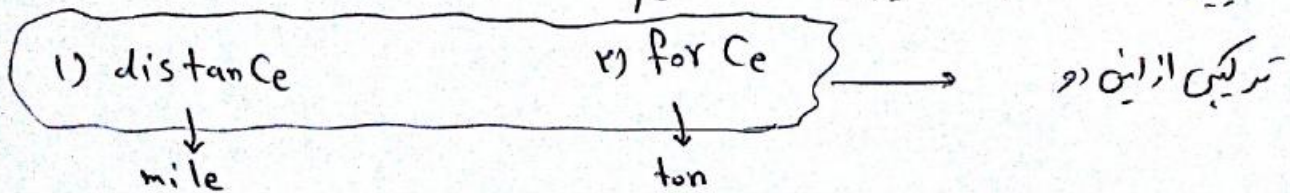


slip ← سر خوردن  
cut ← بریدن قبل از اینکه خودش fail کند

چون عمر line های دور قمر قمره ها خیلی کم می شود ، line را سر می دهیم تا

مست های متفاوت بر روی قمر قمره ها قرار بگیرند و فرسوده نشوند ، بعد از سردادن  
همه نقاط و فرسوده می شوند و باید آن را Cut کنیم.

پارامتری که تعیین می کند ، کی سیم بکسل را بپریم



مثلاً 1 ton-miles یعنی: یک ton را یک مایل جابجا کند

$$\text{tonne} = 1000 \text{ kg} \quad \times$$

$$\text{ton} = 2000 \text{ lb} \quad \checkmark$$

$$1 \text{ lb} = 0.453 \text{ kg}$$

شرکت سازنده عدد را گزارش می کند → ton-mile

1 ton-mile = یعنی اگر نیرو یک ton باشد ، 1 مایل  
می تواند جابجا شود.



ten mile between Cut-offs depend on javadfarzaneh@chmail.ir

- 1) material of drilling line
- 2) diameter of " "
- 3) drilling Conditions

OL: for 1 in diameter drilling line = 1 ton-mile  
between Cut offs

for 1, 3/4 in " " " = 2, " " "



① یک drawwork بتوان 500 hp ، چند ساعت طول می کشد تا 400 ft از لوله های حفاری به وزن مجموعاً 16 م 145 را به طور کامل از چاه خارج کند (10 نخ ، بین قترقه ها وجود دارد ؛  $n=10$ ) (فرض کنید لوله ها را با سرعت ثابت بیرون می آوریم) .

② یک چاه با مشخصات زیر چند lb است ؟

$$L_{dp} = 4000 \text{ ft} , L_{dc} = 1000 \text{ ft} , w_{dp} = 31.25 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} , w_{dc} = 12.5 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}$$

$$MW = 13.1 \text{ ppg} \quad \text{Hook load} = 1.5 \text{ lb}_m$$

③ توان draw work در یک دکل ، 400 hp است و نیروی وارده بر dead line برابر با 16 م 145 است . چنانچه این دکل مجموعاً دارای 4 قترقه ی متحرک و متحرک باشد و بازده سیستم 75٪ باشد ، زمان بیرون کشیدن 300 ft از لوله های حفاری چند دقیقه است ؟

④ توان draw work که شامل 4 قترقه ی متحرک است ، 500 hp می باشد . اگر بازده سیستم قترقه ها 80٪ ، و سرعت خروج لوله های حفاری از چاه ، 200 ft/min باشد حداکثر بار معادل (max equivalent load) چند lb است ؟

⑤ در یک دکل حفاری موتور دینامی که با سرعت 1100 rpm می چرخد ، گسادی برابر 200 lb ft ایجاد می کند ، توان خروجی موتور چند اسب بخار است ؟ ( $\pi \approx 3$ )

⑥ با استفاده از داده های زیر ، اگر چاه به مدت 2 ساعت پر نشود ، فشارته چاه به چه مقدار بر حسب psi کم می شود ؟ دبی هیزروی کل برابر با  $20 \frac{\text{bbl}}{\text{hr}}$  ، حجم فضای حلقوی برابر با  $20 \frac{\text{bbl}}{\text{ft}}$  از وزن کل حفاری برابر با 1 ppg است .

{ جای سؤال ⑤ و ⑥ عوض شده است . }

⑦ در صورتیکه هزینه ی کرایه ی یک دکل حفاری به ازای هر ساعت 8 دلار و هزینه ی یک متری جدید رانده شده درون چاه جهت حفاری 5.4 ft از سازند در مدت زمان 24.9 hr ، 45 دلار باشد ، میزان هزینه ی حفاری به ازای هر فوت از سازند چه مقدار خواهد بود ؟ در صورتی که : Trip time = 12 hr

جای سؤال ⑤ و ⑥ عوض شده است



۵) در هنگام حفاری با وزن گل ۱۱۰ pcf در عمق ۲۷ متری جریان چاه مشاهده می شود که پس از بستن چاه و بست فشارهای بست دالیز و لوله های حفاری ، فشار سرچاه ، ۳۰۰ psi قرائت شده است . چه مقدار باید به وزن گل سیستم جهت کشتن چاه اضافه گردد ؟

۹) وزن محفوم گل برابر ۱۱۰ است ، در صورتی که افت فشار در آنولوس  $\frac{psi}{ft}$  باشد ، فشار هیدرواستاتیک اعمال شده به ته چاه ۵۰۰۰ فوتی چند psi خواهد بود ؟

۱۰) در چاهی به عمق ۸۰۰۰ ft ، حداکثر وزن روی سته ۸۰۰۰ lbm و وزن گل حفاری ۱۳.۱ ppg می باشد ، اگر وزن drill collar ها  $\frac{lb}{ft}$  ۹۰ باشد ، حداقل طول drill collar مورد نیاز چند ft است ( ضریب طراحی یا همان SF برابر ۱.۲ است ) .



$$P_i = 5 \text{ hp}$$

$$n = 1$$

$$W = 145 \times 10^3 \text{ lb}_m$$

$$x = 4.5 \text{ ft}$$

$$\rightarrow E = 0.11 \text{ (از جدول)}$$

$$E = \frac{P_h}{P_i} \rightarrow P_h = P_i \cdot E \rightarrow P_h = 5 \times 0.11 = 0.55 \text{ hp} = P_h$$

$$0.55 \text{ hp} \times \frac{33,000 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{min}}}{1 \text{ hp}} = 0.55 \times 33,000 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{min}} = P_h$$

$$P_h = V_b \cdot W \rightarrow V_b = \frac{P_h}{W} \rightarrow V_b = \frac{0.55 \times 33,000 \frac{\text{lb}_f \cdot \text{ft}}{\text{min}}}{145,000} \rightarrow$$

$$V_b = 11 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$$

می‌دانیم که در سیستم آمریکایی:  $1 \text{ lb}_m = 1 \text{ lb}_f$  است

$$x = V t \Rightarrow 4.5 = 11 \times t \rightarrow t = \frac{4.5}{11} \text{ min}$$

$$t = \frac{4.5 \text{ min}}{11} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} = 0.068 \text{ hr}$$

$$W = W_L L_L + W_R L_R = 31,250 \times 4 + 1250 \times 1 = 125,000 \text{ lb}_m$$

(وزن خشک رشته‌های قطاری (بدون گل))

$$W_e = W \left( 1 - \frac{\rho_m}{\rho_s} \right) \quad \text{را با فرض اینکه } \rho_m \text{ و } \rho_s \text{ به ترتیب چگالی پرخورد و محاسبه می‌کنیم:}$$

$$= 125,000 \left( 1 - \frac{13.1}{45.5} \right) = 81,000 \text{ lb}_m$$

مقداری است که متده هنوز به تیر چاه پرخورد نگردد (افزین). وقتی پرخورد کند، Hook load = 1.5 lb را نشان می‌دهد، یعنی اینکه  $W \approx B$  برابر است با:

$$81,000 - 1.5 = 80,000 \text{ lb}$$



$$F_s = \frac{w}{n} = 140 \sim 1b \xrightarrow{n=12} w = 12 \times 140 \sim 1b$$

$$P_i = \eta_{hp} = \eta_{hp} \times \frac{33000 \frac{lb \cdot ft}{min}}{1 hp} = \eta_{hp} \times 33000 \frac{lb \cdot ft}{min} = P_i$$

$$E = 0.7 \quad \eta_b = ? \quad E_i = \frac{P_h}{P_i} = \frac{w \cdot V_b}{P_i} = \frac{12 \times 140 \sim \times V_b}{\eta_{hp} \times 33000} = 0.7$$

$$\rightarrow V_b = 0. \frac{ft}{min}$$

$$L = V_b \cdot t \rightarrow t = \frac{33000}{0.} = 4 \text{ min}$$

در این زمان که لوله را با سرعت پیوسته و بدون توقف خارج کنیم.

$$n = 12 \times 4 = 12 \quad E = 0.7 \quad P_i = 0 \sim hp \quad V_b = 2 \frac{ft}{min} \quad (4)$$

$$F_{d(max)} = ?$$

$$P_h = E \cdot P_i \rightarrow P_h = 0.7 \times 0 \sim = 0 \sim hp$$

$$P_h = w \cdot V_b \rightarrow 0 \sim hp \times \frac{33000 \frac{lb \cdot ft}{min}}{1 hp} = w \times 2 \left( \frac{ft}{min} \right) \rightarrow$$

$$w = 44 \sim lb f$$

$$F_{max} = \frac{w(n+t)}{n} = \frac{44 \sim \times 12}{12} = 11000 lb f.$$

$$P = T \cdot w \rightarrow P = 2000 (lb \cdot ft) / 1100 \frac{r}{min} \times \frac{2\pi (rad)}{1 r} \quad (5)$$

$$P = 2000 \times 1100 \times 2\pi \frac{lb \cdot ft}{min}$$

$$P = 2000 \times 1100 \times 2\pi \frac{lb \cdot ft}{min} \times \frac{1 hp}{33000 \frac{lb \cdot ft}{min}} = 0 \sim hp$$

ع.ر



$$2. \frac{bb1}{hr} \times 2 hr = 4. bb1$$

$$\frac{4. bb1}{\frac{bb1}{ft}} = 4.00 ft = depth \quad (\text{اختلاف ارتفاع})$$

$$P_h = 0.052 (MW)(d) = 0.052 (1.0)(4.0) = 2.08 \text{ psi}$$

⑦ جهت کشتن چاه، زمانی که جریان (flow) مشاهده می شود، باید از فشار سبب لوله های حفاری (shut-in drill pipe pressure) برای محاسبی وزن کل افزایش یافته، استفاده کرد، بنابراین:

$$\text{فشار سبب لوله های حفاری} = 3.00 \text{ psi}$$

باید بشیم که این فشار سبب در عمقی 2700 m معادل چه وزن گلی خواهد بود:

$$P = \frac{\rho_m \cdot h}{144} \Rightarrow \rho_m = \frac{P (2700 \times 144)}{144} \rightarrow \rho_m = 4.11 \text{ pcf}$$

فشار سبب 3.00 psi بدین معنی است که فشار سازند به این اندازه (3.00 psi) از فشار هیدرواستاتیک گلی حفاری بیشتر است، بنابراین برای غلبه بر فشار سازند و جلوگیری از جریان چاه (kick) باید معادل این فشار به وزن کل سیستم اضافه گردد. با توجه به این، وزن کل حفاری باید 4.11 pcf جهت کشتن چاه اضافه گردد.

← مقدار  $\rho_m$  را از طریق زیر هم می توان بدست آورد.

$$P = (0.052) \left( 2700 \times \frac{1 ft}{0.3048 m} \right) \left( 11.0 \text{ pcf} \times \frac{1.33 \text{ ppg}}{4.2 \text{ pcf}} \right) + 3.00 = (0.052) \left( 2700 \times \frac{1 ft}{0.3048 m} \right) \times \left( x \times \frac{1.33 \text{ ppg}}{4.2 \text{ pcf}} \right)$$

$$\rightarrow x = 11.17 \text{ pcf}$$

$$x - 11.0 = 0.17 \quad \text{مقدار اضافه شده}$$

$$C_r = 1.00 \frac{\$}{hr} \quad \Delta D = 0.4 ft \quad C_b = 40.0 \$ \quad t_b = 249 hr \quad t_f = 12 hr \quad ①$$

$$C_f = \frac{1.00 (249 + 12) + 40.0}{0.4} = 471.5 \$$$

مست



$$P = P_0 + \Delta P$$

$$\frac{MW_m}{MW_{water}} \frac{\rho_m}{\rho_{water}} = 1/1 \rightarrow \rho_m = 45.4 \times 1/1 \frac{lb_m}{ft^3} (pcf)$$

$$\frac{MW_m}{MW_m} = \frac{\rho_m}{\rho_m} = 45.4 \times 1/1 \frac{pcf}{49. pcf} = \checkmark$$

$$\Delta P = (1.1 \frac{psi}{ft}) \times 0.11 ft = 0.121 psi \quad \checkmark$$

$$P = P_0 + \Delta P = (1.1 \times 0.11) (MW_m) (d) + \Delta P$$

$$= (1.1 \times 0.11) (1.1 \times 45.4 \times \frac{49.4}{49.4}) (0.11) + 0.121 = 2.111 \times 10^{-4} psi$$

$$W_{OB} = 1 \times 10^6 lb$$

$$\rho_m = 13.1 ppg$$

$$\rho_s = 49.4 ppg$$

$$SD = 1.2$$

$$L_{d.c} = L_n \cdot SD$$

$$L_n = \frac{W_{OB}}{W_{d.c} - \frac{\rho_m A_s}{144}}$$

$$\text{or } L_n = \frac{W_{OB}}{W_{d.c} \times B.F}$$

$$B.F = 1 - \frac{\rho_m}{\rho_s}$$

$$\rightarrow L_{d.c} = \frac{W_{OB}}{W_{d.c} \cdot (1 - \frac{\rho_m}{\rho_s})} \cdot SD = \frac{1 \times 10^6}{90 \times (1 - \frac{13.1}{49.4})} \times 1.2 = 1333333 ft$$

CR