

Subject: 1

Date ۹۴ / ۱۱ / ۱۷

Email: Rostami.ipe@gmail.com

درسی است که کاربرد می. انتشار و زمان را داریم و می خواهیم سایر ویژگی ها را بدست

آدریم. با انتشار و دبی ورودی و خروجی برای مثال می توان ک را بدست آورد

ورودی ما تعیین شود خروجی ها

بر حسب نام
p r_e, A, ϕ, k
q \dots, S, C_A

Fundamental of fluid flow in petroleum reservoir

primary reservoir characteristic

- type of fluid in the reservoir

- flow regimes

- reservoir geometry

- number of flowing fluid

هدف اصلی این درس شناخت چاه و مخزن با استفاده از قسمت های مختلف

انواع تست ها:

draw down, build up مستقیم تست ها

Multi-wells - DST

How and when we do: during or after drilling

pressure gauges: بعد از حفاری و یا ارسال تجهیزات با درون چاه

فشار اندازه گیری می شود

important concepts in:

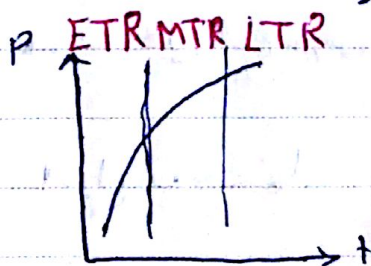
characterization of fluid flow

Radius of investigation

principle of super position

Assumptions and familiar solution homogenous, isotropic
line source for infinite
pseudo steady state

to diffusivity equation



log-log } انواع نمودار
semi log }
غیر log - log } کاربرد معمولی

Subject:

Date:

اصلی کتاب جان لی pressure transient testing جان لی - well testing اصلی

نرم افزار: well test analysis software (fast or pan

system or saphir)

pressure buildup and flow test in well. c. s. matthews

advances in well test analysis, robert c. earlougher

home work 1

problems

1.2 - 1.3 - 1.4 - 1.5 from john lee

due date: ۲۴, ۱۱, ۱۳۹۴ ۱۴ a.m.

در این درس با حالت steady state کاری نخواهیم داشت و ۹۰٪ حالت

unsteady state می باشد

در semi log معمولاً زمان را log می گیریم

در کارترین قسمت pseudo در نمودار p-T خطی می شود و در نمودار p-log t

Subject: _____

Date: _____

قسمت transient خطی می شود

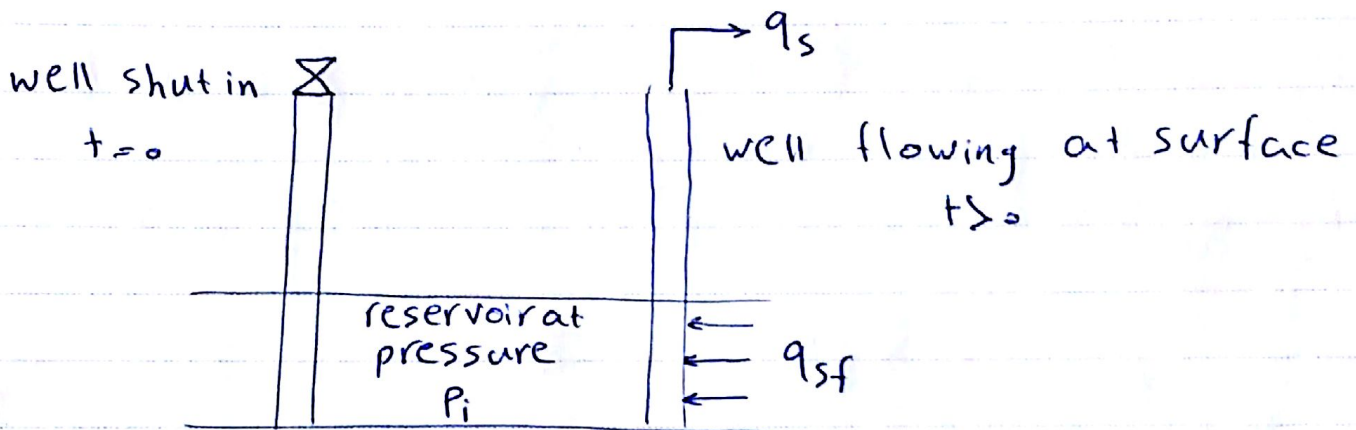
از [1] chapter wellbore storage خوانده نشود. (فعلأ)

Factors affecting well testing

1 - well bore storage effect

هر تست از چاه بسته شروع می‌شود

well bore از یک سیال پر است و q را در سطح اندازه می‌گیریم



$q_s \neq q_{sf}$ ؟ دلیل پر بودن چاه از یک سیال دیگر

wellbore storage coefficient

$$C = \frac{V}{\Delta P} \quad \frac{bbL}{psi}$$

مقدار این میزان بزرگی و کوچکی چاه را مشخص می‌کند

ما k و S و C را می‌توانیم بدست آوریم

اگر q_{sf} را داشته باشیم نیاز به برخی از تصحیحات نیاز نبود

2 - permeability alteration near well bore (skin)

هرچه نمودار انت فشار را تغییر دهد بر روی well test تأثیر دارد

Important concepts in well test analysis

1- characterization of fluid flow during the test

اگر تستی که انجام می دهیم زمانش زیاد باشد تأثیر مرزها هم خوردشان را

در نمودار فشار نشان می دهند

اگر فشار مخزن؟ یک مقدار ثابت برسد $st.st$ است و نشان دهنده می

gas inject و aquifer می باشد

2- Radius of investigation: $r_i = \left(\frac{kt}{948 \phi M C_t} \right)^{1/2}$

با بدست آوردن مشخصات سازند می توان شعاع disturbance را بدست

آورد

داره هایی که در well test به دست می آید:

$$k - S - c - r_e - A - C_A - \phi$$

داره های سیالاتی مثل دانسیته و ویسکوزیته در آن ما بیشتر به دست می آید

۲- principle of super position

بکرات استفاده خواهد شد

تا تیرات دبی های مختلف زمانی و تا تیرات چاه های مختلف روی هم خمیابی

درمانی می باشد

برای تست های Multi rates و Multi wells استفاده

می شود

چون انجام super position سخت می باشد از تخمین horner

استفاده می کنیم horner's approximation

$$P_i - P = - \frac{70.6 \times 2.9 \times q_{last} B E i \left(\frac{-94.8 \phi^M C + r^2}{k t_p} \right)}{k h}$$

$k t_p \rightarrow$ producing time

حیث Rate و زمان های مختلف

$$t_p = \frac{24 \text{ cumulative production from well, } N_p \text{ (STB)}}{\text{most recent rate, } q_{last} \text{ (STB/D)}} = \frac{\text{همه دبی}}{\text{دبی آخری}}$$

\rightarrow hours

پایه های این تخمین چیست ؟

1- radius of investigation تو وسط این دبی پوشش داده شده است

۲. معازنه‌ی موارد دقیقاً گویاست

تحت چه شرایطی صادر است؟

۱. دبی با اندازه‌ی کافی تولید کرده باشد

۲. دبی آخر حد اقل در برابر دبی قبلی تولید کرده باشد

این مبحث سوال میان ترم خواهد بود (ستون آخر فصل اول)

وقتی یک صفحه چاه ما را قطع می‌کند جریان ابتدا وارد این صفحه می‌شود (این

صفحه را با استفاده از hydraulic fracturing شکاف ایجاد می‌کنند

در linear flow اثر سنگ خوب شکاف دار شده باشد یا k زیاد باشد بلافاصله

مسائل بعد از ورود به صفحه وارد چاه می‌شود و افت فشار ناشی از حرکت داخل صفحه

قابل چشم پوشی می‌باشد و از جریان داخل صفحه صرف نظر می‌کنیم (infinite

conductivity) عبوردهی جریان

در bilinear flow برعکس بالا اتفاق می‌افتد و نمی‌توان از افت فشار حرکت میان

داخل صفحه صرف نظر کرد و باید جریان linear داخل صفحه هم ایجاد شود

Subject: _____

Date _____

در linear flow خواص دست

Problems

1.6 - 1.7 - 1.8

۲۹، ۱۱، ۱۳۹۴

درس well test درس نمودارهاست

هدف نمودار رژیم های مختلف در زمان های مختلف می باشد (نمودار فشار-زمان)

می تواند این نمودار $\log - \log$ باشد بیشتر از این نمودار برای تفسیر early

time استفاده می شود

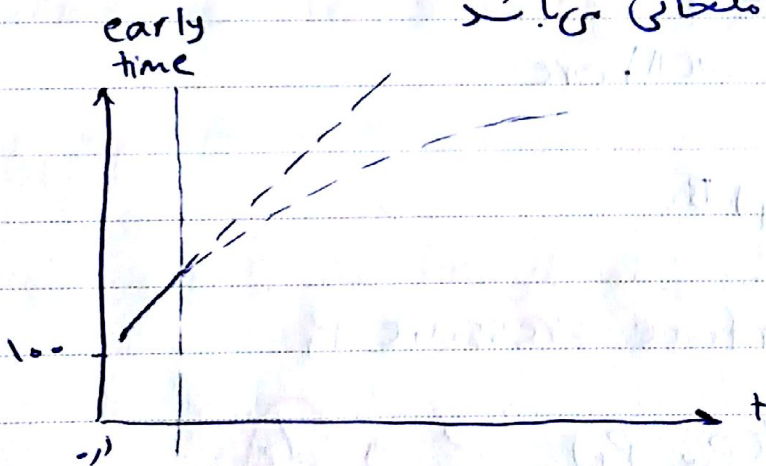
چاه را بسته ایم و چاه با یک فشار اولیه می رسد. قبل از well test چاه

لاسی بندی تا با یک فشار پایدار برسد (Stabilize pressure)

early time در زمان های اولیه که چاه باز می شود و تولید شروع می شود

شیب نمودار $\log - \log$ در early time یک نمودار با شیب یک می باشد

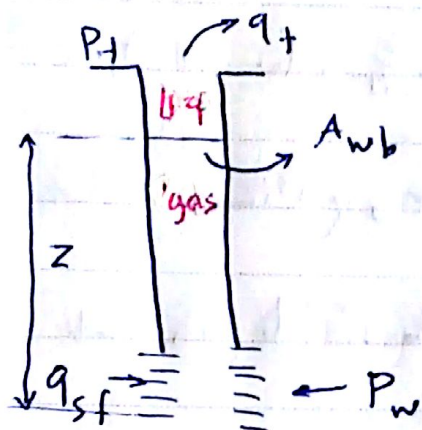
امثال این جمله در رابطه سوال امتحانی می باشد



well bore storage Model

case 1: wellbore storage with moving gas/oil interface

مقدار Storage را با سیال که در چاه است چنانچه در زمان های اولیه



$$q_t = q_{well} + q_{sf}$$

سیال ذخیره

Rate of liquid accumulation in the well:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\rho \epsilon V_{wb}}{\rho, \rho_{1d}} \right) = \frac{\rho \epsilon A_{wb}}{\rho, \rho_{1d}} \frac{dz}{dt}$$

Mass balance in the wellbore:

$$\frac{\rho \epsilon}{\rho, \rho_{1d}} A_{wb} \frac{dz}{dt} = (q_{sf} - q) B.$$

For the well with surface pressure P_t :

$$P_w = P_t + \frac{\rho z}{\rho \epsilon} \frac{g}{g_c} \Rightarrow \frac{d(P_w - P_t)}{dt} = \frac{\rho}{\rho \epsilon} \frac{g}{g_c} \frac{dz}{dt}$$

Subject:

Date

$$\frac{(\alpha E)(1EE)}{\alpha, \gamma \rho} \frac{g_c}{g} A_{wb} \frac{d(P_w - P_f)}{dt} = (q_{sf} - q) B$$

⇒ define a wellbore storage constant.

$$q_{sf} = q + \frac{\alpha E C_s}{B} \frac{dP_w}{dt} \leftarrow C_s = \frac{1EE A_{wb}}{\alpha, \gamma \rho} \frac{g_c}{g}$$

Case 2: wellbore storage with a single phase - liquid

Mass balance in the wellbore

$$(q_{sf} - q) B = \alpha E V_{wb} C_{wb} \frac{dP_w}{dt}$$

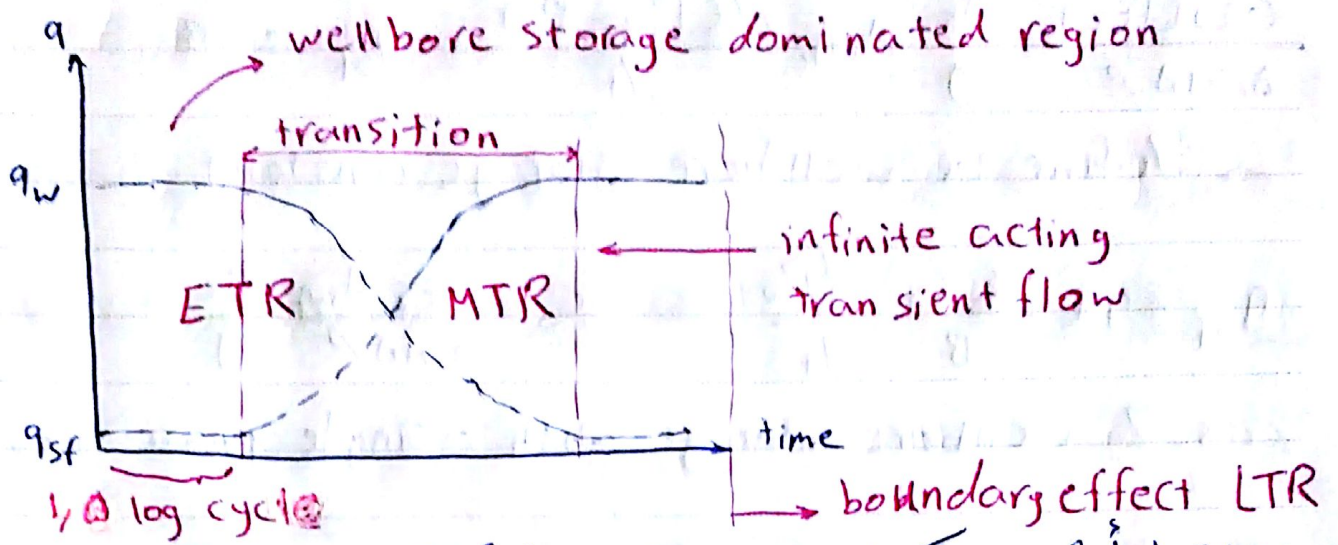
Rearrange the equation

$$q_{sf} = q + \frac{\alpha E V_{wb} C_{wb}}{B} \frac{dP_w}{dt}$$

define wellbore storage constant: $C_s = C_{wb} V_{wb}$

$$q_{sf} = q + \frac{\alpha E C_s}{B} \frac{dP_w}{dt}$$

* آبی می توان برای مخازن گازی از معادله با استفاده کرد.



در ابتدا تا شیر q_{sf} کم است و تمام q مربوط به q_w می باشد این زمان از چپ

تا به در رفت سنگین با تراکم پذیر نزدیک به صفر است و wellbore storage

از بین می رود و در مخزن گازی تراکم می پذیرد در wellbore storage تا چپ سامت

می تواند ادامه داشته باشد

منطقه transition بین wellbore storage و infinite acting

می باشد

وقتی $q = q_{sf}$ شد دیگر سیال متراکم نمی شود و تمامی دبی مربوط به

sand phase می باشد

رفتار بعدی مربوط به boundary effect می باشد

ETR : early time region

MTR : middle time region

LTR : Late time region

case 1: dimensionless wellbore storage constant

$$\frac{q_{sf}}{q} = 1 - C_{SD} \frac{dP_D}{dt_D} \Rightarrow C_{SD} = -1.89E C_s / \phi C_t h r_w^2$$

اننا = جمله ی اول : سوال امتحانی

$$\frac{q_{sf}}{q} = 1 - C_D \frac{dP_D}{dt_D}$$

$$\frac{ETR}{q_{sf}=0} \rightarrow 0 = 1 - C_D \frac{dP_D}{dt_D}$$

$$\log 1 = \log C_D \frac{dP_D}{dt_D} \Rightarrow 0 = \log C_D + \log P_D - \log t_D$$

$$\Rightarrow \log t_D = \log C_D + \log P_D$$

End of wellbore storage

$P_D - t_D$ شرایط infinite acting

در (s_D) ها و skin های مختلف یک نمودار رسم کرده اند (جواب مدل)

در پایان wellbore stor نیاز داریم تا رژیم های مختلف را بدست آوریم (نوای)

2. $t_D = (6.0 + 3.45) (s_D)$ wellbore storage تقریب مدت زمان از بین رفتن

باید بدانیم چون نیاز داریم از معادلات مختلف خاکم برتوای مختلف استفاده

کنیم تا ویژگی های مخزن را بدست آوریم

1. Empirical observations shows t_{wbs} occurs approximately one and a half cycle after disappearance of the

unit slope line ($1.5 \log$ cycle = 1.5 درجه تکراری)

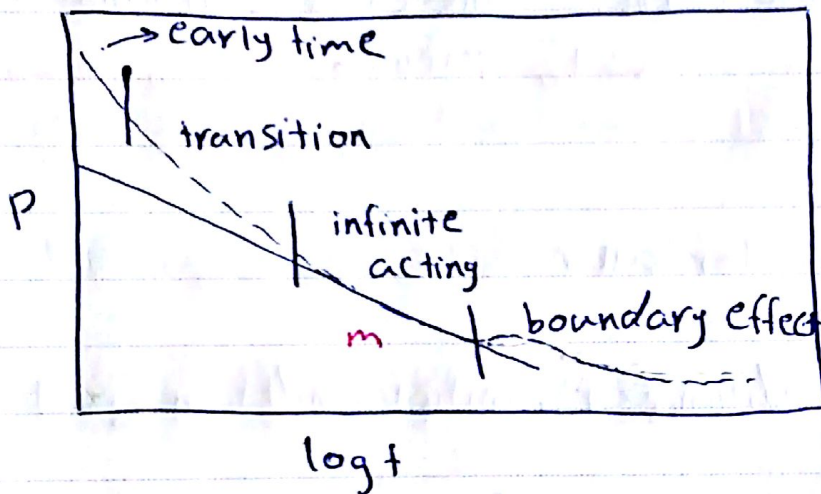
پایان wellbore storage و شروع transition می باشد

SEMI-log plot (MTR)

کاربرد semi log (p-log t) تفسیر Middle time

$$P_D = \frac{1}{r} L n t_D + \dots$$

$$m = \frac{142,49 \text{ MB}}{1 \text{ h}}$$



در MTR داده‌های وسط در معنی باشد (صحت خطی)

در LTR یا جریان داریم که فشار را ثابت نگه داریم و بدون جریان می‌باشیم

برای تفسیر LTR از نمودار cartesian استفاده می‌کنیم

Solution to the diffusivity equation

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{\phi \mu c}{k} \frac{\partial P}{\partial t}$$

Boundary conditions:

inner BC: $\frac{\partial P}{\partial r} = cte$ for r_w and t constant rate

outer BC: $\frac{\partial P}{\partial r} = 0$ at $r = r_o$. The well is surrounded
بسیخون می کنند pseudo می باشد

Initial condition:

IC: $P = P_i$ at $t = 0$ for all r

+ یعنی boundary condition یعنی r می باشد

شرط با 0 برای مخزن finite می باشد

برای مخزن infinite شرایط بصورت زیر تغییر می کنند

$P = P_i$ for $r \rightarrow \infty$ outer BC

$$P_{wf} = P_i - 141.8 \frac{q B \mu}{k h} \left\{ \frac{r_p}{r} + \ln \frac{r_p}{r} - \frac{r}{r_p} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\alpha_n^2 t} J_1(\alpha_n r_p)}{\alpha_n^2 [J_1(\alpha_n r_p) - J_1(\alpha_n r)]} \right\}$$

for $t > 94.8 \frac{\phi \mu c r_p^2}{k}$

$$P_{wf} = P_i - 1.818 \frac{qB\mu}{kh} \left(\frac{\sqrt{t_D}}{r_{eD}} + \ln r_{eD} - \frac{S}{2} \right)$$

In finite acting reservoir

Initial and Boundary condition

$$P = P_i \text{ at } t=0 \text{ for all } r$$

$$P = P_i \text{ at } r=\infty, \text{ for all } t$$

$$\lim_{r \rightarrow \infty} r \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{qM}{r \times kh} \text{ for } t > 0$$

$$P_D(t_D) = \frac{1}{2} \ln \frac{\sqrt{t_D}}{r}$$

$$P_D(t_D) = \frac{1}{2} (\ln t_D + 1.151)$$

wellbore storage

$$C_{FE} = V_{wb} C_{wb}$$

آبریزه مورد، wbs ادا شده

$$\Rightarrow C = C_{FE} + C_{FL}$$

$$C_{FL} = \frac{1.818 A_a}{\Delta, \rho \mu}$$

$$C_D = \frac{.18934 C}{\phi M C_f r_w^2}$$

Basic well test equations - Drawdown test

for infinite acting:

$$P_i - P_{wf} = 141.8 \frac{qB\mu}{kh} [P_D(t_D, \dots) + S]$$

if the pressure at P_i initially:

$$P_D = \frac{1}{\gamma} [\ln(t_D) + 0.180907] \quad t_D > 100$$

علت استفاده از Ei این است که در well test زمان کوتاه است و اطراف

چاه را بررسی می کنند و infinite می باشد همین دلیل از Ei استفاده

می کنند دیگر یک نمی کنند (جریان $unst. st$ می باشد)

for $t_D > 100$ and $t_D = \frac{0.100 \cdot 2637 kt}{\phi \mu c_t r_{wc}^2}$

$$P_{wf} = P_i - \frac{141.8 qB\mu}{kh} \left[\log t + \log \left(\frac{k}{\phi \mu c_t r_{wc}^2} \right) - 3.2274 + 0.1875 \right]$$

برای مدت زمانی چاه را می بندیم تا فشار با بدار شود (انرا این فشار کمتر از یک

مقدار مشخص شود) و بعد تست را شروع می کنیم. تمامی مطالعات ما دبی ثابت

می باشد (عموماً). دبی ثابت و گسترش یا قفس موج امت فشار و فشارها را

$$P_{wf} = P_i - \frac{141.8 Q \cdot B_o \mu_o}{kh} \left[\log t + \log \left(\frac{k}{\phi \mu_o c_t r_w^2} - 3.23 + 0.175 \right) \right]$$

برای حساب S از P یک ساعت استفاده می‌کنیم

$$P_{wf} = a + m \log(t)$$

$$m = \frac{141.8 Q B_o \mu_o}{kh}$$

$$P_{1hr} = P$$

$$S = 1.1513 \left[\frac{P_{1hr} - P_i}{m} - \log \left(\frac{k}{\phi \mu_o c_t r_w^2} + 3.23 \right) \right]$$

برای خواندن P_{1hr} چون بعد از یک ساعت به ناحیه infinite act نمی‌رسد باید

با استفاده از extrapolation خط است P_{1hr} را بدست آوریم

$$\Delta P_{skin} = 141.8 \left(\frac{Q \cdot B_o \mu_o}{kh} \right) S$$

$$\Delta P_{skin} = 0.175 \text{ lml S}$$

$$E = \frac{J_{actual}}{J_{ideal}} = \frac{\bar{P} - P_{wf} - \Delta P_{skin}}{\bar{P} - P_{wf}} \quad \text{productivity}$$

$$J = PI = \frac{q}{\bar{P} - P_{wf}} \quad \text{productivity index}$$

Subject:

Date

Exercise:

$$h = 13.0 \text{ ft} \quad \phi = 2.0\% \quad \gamma_w = 1.48 \text{ ft} \quad P_i = 1148 \text{ psi} \quad Q_o = 388 \text{ STB/D}$$

$$B_o = 1.12 \frac{bbl}{STB} \quad \mu_o = 3.93 \text{ cp} \quad C_t = 1.14 \times 10^{-5}$$

$$m = 22 \quad t = 10, \quad t = 1$$

$$22 = -195.9 \frac{Q_o M B}{kh} \Rightarrow k = 11 \text{ md}$$

$$S = 1.12 \times 13 \left[\frac{948 - 1148}{22} - \log \left(\frac{11}{-1.2 \times 3.93 \times 1.14 \times 10^{-5} \times 1.48 \times 10^4 \times 22} \right) \right]$$

$$S = 1.09$$

$$\Delta P_{skin} = 141.5 \left(\frac{Q_o B_o M}{kh} \right) S = 11$$

Problems (pressure transient testing) John Lee

2.3

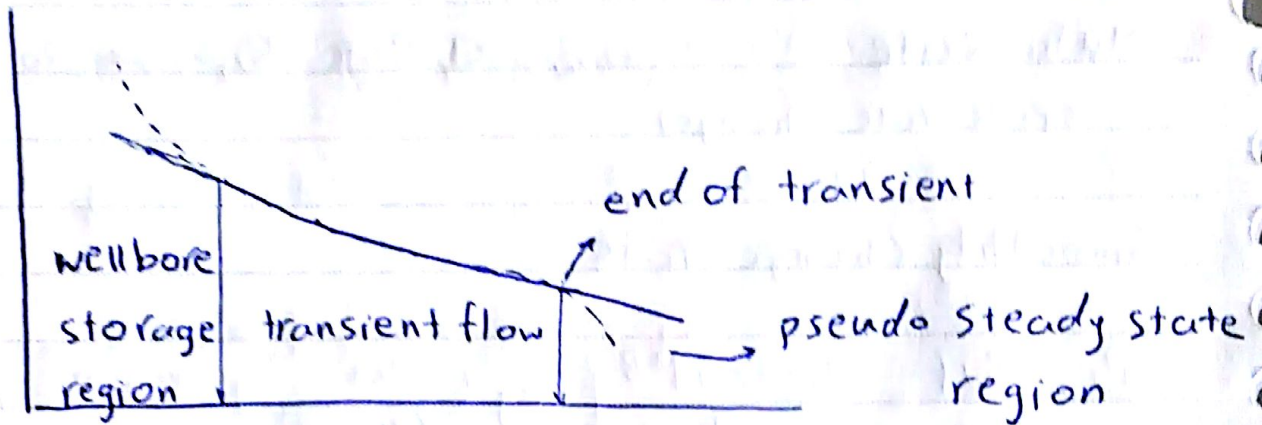
2.5

$$m = \frac{P_{wf} - P_{ihr}}{\log t - \log 1} = \frac{P_{wf} - P_{ihr}}{\log(t) - 0} \quad m \text{ in } \frac{\text{psi}}{\text{cycle}}$$

$$k = \frac{141.8 Q_o B_o \mu}{h}$$

بین دو cycle متوالی فشارها را بعنوان ΔP برابر شیب می شود بهترین است ۱-

د - ا را می خوانیم



Subject: _____

Date _____

از صحت این مطلب سوال می آید

با سرمایه Rate را می توانیم ثابت کنیم و تغییر می یابد و ممکن است مخزن روی

Rate های مختلف Response مختلف می دهد

Smoothly change rate

دی خود تغییر می کند

Multi Rate برای شناخت بهتر مخزن خودمان Rate را تغییر می دهیم
(Discrete rate change)

Smoothly change rate

$$\frac{P_i - P_{wf}}{q} = \frac{142.6 \text{ MB}}{kh} \left[\log \left(\frac{kt}{\phi \mu C_r w} \right) - 3.23 + 0.18695 \right]$$

تقریب است چون دامنه تغییر دی بسیار کم است و با همین تقریب جا

تأثیر تغییر دی را می توانیم اعمال کنیم

$$k = 142.6 \text{ BM/m}^2\text{h}$$

$$s = 1.151 \left[\frac{1}{m'} \left(\frac{P_i - P_{wf}}{q} \right)_{\text{hr}} - \log \left(\frac{k}{\phi \mu C_r w} \right) + 3.23 \right]$$

در این جا $\frac{P_i - P_{wf}}{q}$ بر حسب + اسم می کنیم

علت این کار دست آوردن خط با شیب ثابت می باشد

example 2.2 pressure transient testing J. Lee

Multirate change (super position)

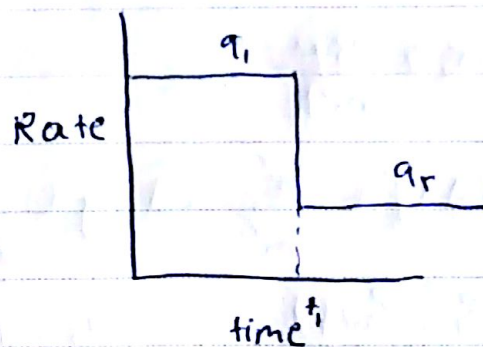
از تغییر Smoothly در Multi حجم پستی می بینم

Two Rates:

$$P_i - P_{wf} = \frac{141.8 q_r B \mu}{kh} \left[\left(\frac{q_i}{q_r} \right) \log(t) + \left(\frac{q_r - q_i}{q_r} \right) \log(t - t_1) \right] + \log \left(\frac{k}{\phi \mu c_t r_w^2} \right) - 3.23 + 1.1995$$

$$P_{wf} = P_i - \frac{141.8 q_r B \mu}{kh} \left[\log \left(\frac{k}{\phi \mu c_t r_w^2} \right) - 3.23 + 1.1995 \right] - \frac{141.8 q_i B \mu}{kh} \left[\log \left(\frac{t_{p1} + \Delta t'}{\Delta t'} \right) + \left(\frac{q_r}{q_i} \right) \log(\Delta t') \right]$$

$$t_1 = t_{p1} \text{ and } t - t_{p1} = \Delta t'$$



$$P_{wf} \text{ vs. } \left\{ \log \left[\frac{(t_{p1} + \Delta t')}{\Delta t'} \right] + \left(\frac{q_r}{q_i} \right) \log(\Delta t') \right\}$$

در کا رتدین رسم می کنیم چون حامل جمع در log می باشد

$$k = 145.4 \frac{q_1 \text{ BM}}{m \cdot h}$$

$$s = 1.181 \left[\frac{q_1}{(q_1 - q_r)} \left(\frac{P_{ihr} - P_{wf}}{m} \right) - \log \left(\frac{k}{\phi \mu C_r r_w^2} \right) + 3.23 \right]$$

اینات این معادله از فرض اول اصلی

P_{ihr} is the flowing pressure at $\Delta t' = 1$ on the straight

line or its extrapolation

N - Rate flow test (x) plotting function

$$\frac{(P_i - P_{wf})}{q_n} = m' \sum_{j=1}^n \left\{ \left[\frac{(q_j - q_{j-1})}{q_n} \right] \log(t_n - t_{j-1}) \right\}$$

$$+ m' \left[\log \left(\frac{k}{\phi \mu C_r r_w^2} \right) - 3.23 + 1.181 s \right]$$

$$\frac{P_i - P_{wf}}{q_n} \text{ vs. } \sum_{j=1}^n \frac{(q_j - q_{j-1})}{q_n} \log(t_n - t_{j-1}) \quad \text{در نمودار کار ترتیبی}$$

$$k = 145.4 \frac{\text{BM}}{m \cdot h}$$

$$s = 1.181 \left[\left(\frac{b'}{m'} - \log \left(\frac{k}{\phi \mu C_r r_w^2} \right) + 3.23 \right) \right]$$

$$b' = \frac{(P_i - P_{wf})}{q_n} \quad \text{عرض از مبدأ}$$

example 2.3.

در نمودار Cartesian، در سمت pseudo-st. st خط با شیب ثابت می شود

تا به اینجای که در باره draw down حرف زدیم

از این به بعد در باره Reservoir limit test حرف می زنیم و تست را

آنقدر طولانی دهیم تا موج افت فشار به مرز مخزن برسد

draw down reservoir limit test :

Radial flow of slightly compressible fluid

What is shape factor? CA

$$P_{wf} = a_{p.s.s} + m_{p.s.s} t$$

در نمودار Cartesian :

$$P_{wf} = \left[P_i - \frac{141.8 Q B M}{k h} \log \left(\frac{r_{eA}}{C_A r_w} \right) \right] - \left(\frac{141.8 Q B}{A h \phi C_t} \right) t$$

از m می توانیم $A h \phi$ یا pore volume مخزن را بدست بیاوریم و

با بدست آوردن ϕ از آزمایشگاه و h از well log می توانیم A یا drain

Area را و بدست آوریم

از $a_{p.s.s}$ یا عرض از مبدأ می توانیم CA را بدست می آوریم و از جدول حدود شکل مخزن

$$P_{wf} = \bar{P} - \frac{1.754 Q B \mu}{kh} \log \left(\frac{r_i r_{eD} A}{C_A r_w^2} \right)$$

$$\bar{P} = P_i - \frac{0.183 \mu q t}{C_t A h \phi}$$

$$Q = \frac{0.100 \gamma_0 A kh (\bar{P} - P_{wf})}{\mu B (\ln(\frac{r_e}{r_w}) - 0.75)}$$

$$C_{A, P.S.S} = \left[P_i - \frac{1.754 Q B \mu}{kh} \log \left(\frac{r_i r_{eD} A}{C_A r_w^2} \right) \right] \quad \text{عوض از مبدأ}$$

$\rightarrow P_{int}$

$$m_{P.S.S} = - \left(\frac{0.183 \mu q B}{C_t (A h \phi)} \right)$$

$\rightarrow m^*$

John Lee. WT - WT صفحه ۴۲ ستون دوم

$$C_A = 0.183 \frac{m}{m^*} \exp \left[2.3 (P_{ihr} - P_{int}) / m \right] \quad \rightarrow \text{intersection}$$

$$A h \phi = \frac{0.183 \mu q B}{C_t m^*}$$

$$(t_{DA})_{P.S.S} = 0.183 \frac{m^*}{m} t_{P.S.S} \quad \rightarrow \text{شروع جریان P.S.S}$$

m از قسمت transient بدست آمده است

شکل و حجم مخزن و مکان چاه از محاسبات بالا بدست می آید

برای C_A باید از t_{DA} جدول استفاده کنیم

t_{DA} برای چاه های متقارن در حدود ۱۰۰ می باشد

t_{DA} در زمان شروع جریان P.S.S محاسبه می شود

$$\text{shape factor} \begin{cases} C_A \\ t_{DA} \end{cases}$$

Example: Advance reservoir engineering ۴۴

ابتدا $P_{wf} - \log t$ رسم می کنیم و از شیب m را بدست می آوریم سپس P_{wf}

را بر حسب t در مختصات Cartesian رسم می کنیم و m^* و P_{int} را بدست می آوریم و از

آنجا C_A را بدست می آوریم و همچنین $t_{P.S.S}$ از نمودار $P_{wf} - t$ در کمترین می توان

بدست آورد زمانی که شکل $P_{wf} - t$ حالت خطی دارد. می شود برابر با $t_{P.S.S}$ می باشد P_{ihr} هم از

نمودار transient بدست می آید و عرضی از مبدأ $1 \text{ Acre} = 43560 \text{ sq ft}$

آن می باشد $(P - \log t)$

با m و m^* و P_{ihr} و P_{int} نیاز داریم

مانند توابع شکل مخزن را دقیق بدست بیاوریم و در این مثال شکل مخزن $\frac{1}{2}$ یک دایره

با مربع با ضلع در مرکز آن نزدیک می باشد

تلیس well test ها در چاه های عمودی می باشد در چاه های deviated

horizontal کلاً متفاوت می باشد. فرض کلیاً روابط ما تابع اینجا به سیلندری

عمودی می باشد

h را می توان از حفاری و چاه آتشفشانی ، seismic و ... می توان pay zone

بدست آورد

کلیاً این تست ها با فرض مخزن hetrogen می باشد و همچنین homogene

نیست

هرچه k_{inv} کم شود مخزن hetrogen تر شود نتایج با واقعیت نزدیکتر

است اما این کار را نمی کنیم چون آبر مدت زمان کم باشد نمی توان اطلاعات کافی بران

بم نمودار بدست آورد و باید تا جایی تولید کنیم که افت فشار با صورت صورت افت کند

تا از محدوده خطای تعبیرات خارج شود. هرچه این تست ما را گسترش دهم

average های ما منطقی تر خواهد بود

با q کم و زمان زیاد تولید کنیم اگر زمان کم باشد فشار کم افت می کند خطا بالا

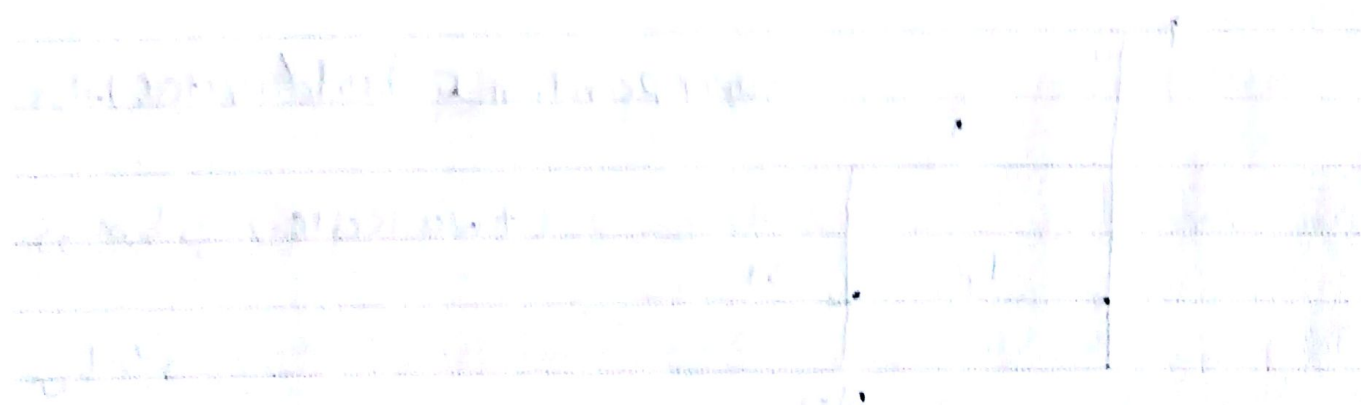
می رود و زمان باید زیاد باشد تا افت فشار به حدی برسد که بتوان داده های مناسب

را؟ وقت آورد هر چه در بیشتر داده بهتر است

با خاطر skin تا تیر skin در transition است و در داده ما خط است

اثر skin از بین رفته است

Pressure build up test:



Pressure build up test

این تست یک تست پراهمیت و مهمترین و پرکاربردترین تست می باشد، این تست

ابتدا یک Rate که مدت ما تولید کردیم fix کرده و چاه را می بندیم و از اطلاعات

بعد از shut in ویژگی های مخزن را بدست می آوریم و بعد از آن از Δt استفاده

می کنیم. مدت زمانی که قبل از shut in تولید می کردیم t_p (Producing)

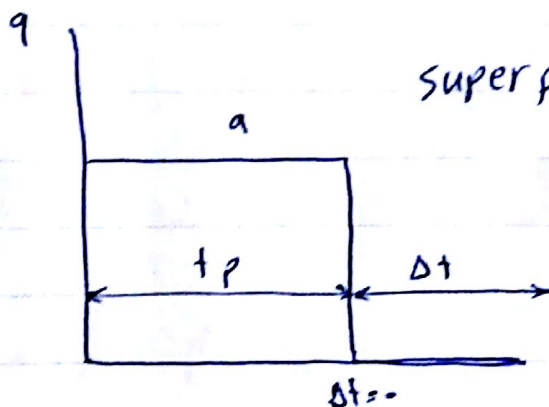
time می گویند

نورانی ما در اینجا هم مختار به حسب زمان می باشد

1) Horner's plot

درست ها موجود است

2) the Miller - Dyes - Hutchinson method



در اصل build up test یک superposition

در جریانی (two Rate)

می باشد

$$P_i - P_{ws} = \frac{142,69 \text{ BM}}{k_h} \left\{ \log \left[\frac{k(t_p + \Delta t)}{\phi \mu c_t r_w^2} \right] - 2,23 + 0,1895 \right\}$$

$$+ \frac{14,6(-9) \text{ BM}}{k_h} \left[\log \frac{(k \Delta t)}{\phi \mu c_t r_w^2} - 2,23 + 0,1895 \right]$$

$$P_{ws} = P_i - \left(\frac{142,69 \text{ BM}}{k_h} \right) \left\{ \log \left[(t_p + \Delta t) / \Delta t \right] \right\}$$

$$y \sim P_{ws} \quad m_1 \sim \frac{142,69 \text{ BM}}{k_h}$$

$$b \sim P_i \quad x \sim \log \left[(t_p + \Delta t) / \Delta t \right]$$

در اینجا P_{ws} را بر حسب $\log \left[(t_p + \Delta t) / \Delta t \right]$ رسم می‌کنیم که $\frac{t_p + \Delta t}{\Delta t}$

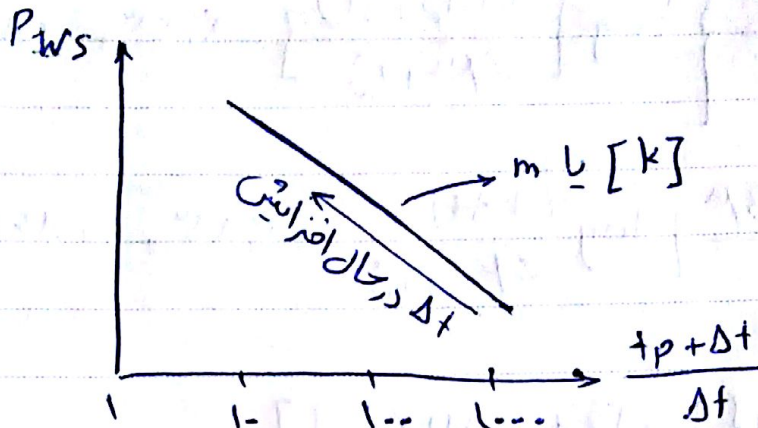
زمان horner's time می‌گویند و یک خط راست می‌شود با نمودار هم نمودار

horner می‌گویند

در build up فشار بجز shut in افزایش می‌یابد با افزایش Δt

horner time $\left(\frac{t_p + \Delta t}{\Delta t} \right)$ کاهش می‌یابد و فشار افزایش می‌یابد به طوری

که $\Delta t \rightarrow \infty$ باعث می‌شود که horner time = 1 شود



extrapolation خط است برای $\Delta t \rightarrow \infty$ $(\frac{tp + \Delta t}{\Delta t} = 1)$

P_i را با ما می دهد و فریک مسئله با ما این اجازه را می دهد

آر در زمان توید P_i ؟ مرز مخزن به رسم extrapolation خط است P_i
(depleted)

را؟ ما نمی دهد و یک P با ما می دهد که برای محاسبه \bar{P} کاربرد دارد

build up test در حالتی است که مخزن infinite باشد که بتوانیم از بیرون بیایی

خط است P_i را؟ دست آوریم (فتار ما؟ مرز نرسد deplet نشود)

$$P_{ws} = P_i - (142,4 \frac{98M}{kh}) \left\{ \log \left[\frac{tp + \Delta t}{\Delta t} \right] \right\}$$

The slope is the difference between two values of

P_{ws} on one cycle apart \log cycle برابر m می شود

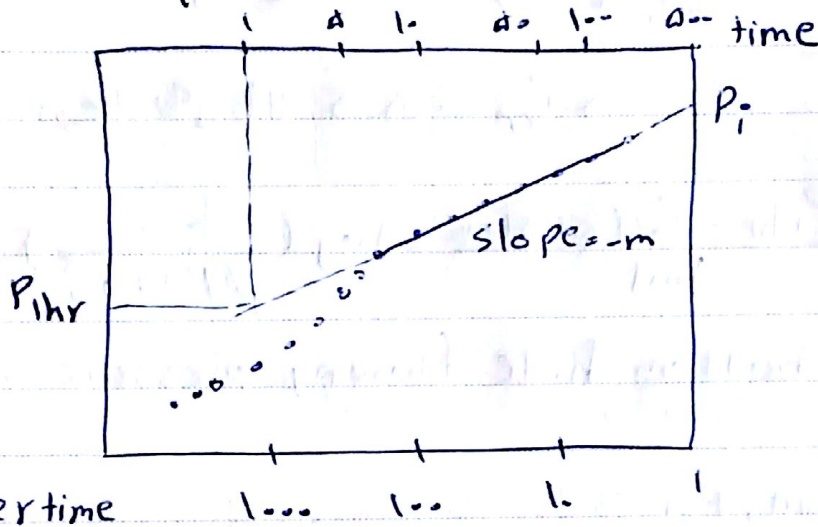
Subject:

Date

$$m = - (192,693M) / kh$$

$$\frac{t_p + \Delta t}{\Delta t} = 1 \rightarrow P_{ws} = P_i$$

برای بدست آوردن skin از $\Delta t = 0$ استفاده می کنیم



در زمان های خیلی کم یک انحراف از خط راست داریم که اثر wellbore storage

می باشد وقتی چاه را می بندیم ابتدا اجازه باید بدهیم که روابط wellbore

storage مثل drawdown تست می باشد اما برعکس با افزایش زمان

فشار افزایش می یابد

$$t_p = \frac{2.4 N_p}{Q_o}$$

کل نفت تولیدی \rightarrow $2.4 N_p$
 دبی آخر \rightarrow Q_o

(آبر سوال ندمد)

$$\frac{t_p + 1}{1} \rightarrow P_{ihr}$$

P_{ihr} منظور $\Delta t = 1$ می باشد

برای مثال 8 از آن 72 ساعت تولید فشار در $73 = \text{horner time}$ برابر P_{ihr} باشد

Skin factor calculation

$$P_{wf} = P_i - \frac{142,499 \text{ wBM}}{kh} \left[\log \left(\frac{ktp}{\phi \mu C_t r_w^2} \right) - 3,23 - 1,1695 \right]$$

$$P_{ws} = P_i - \left(142,499 \frac{\text{wBM}}{kh} \right) \left[\log (tp + \Delta t / st) \right]$$

از قطع دارن دو معادله می باا س به دست می آید

$$S = 1, |d| \left[\frac{P_{ihr} - P_{wf \text{ at } \Delta t = 0}}{|m|} - \log \left(\frac{k}{\phi \mu C_t r_w^2} \right) + 3,23 \right]$$

$P_{wf \text{ at } \Delta t = 0}$ = bottom hole flowing pressure immediately

before shut in, psi

اگر فقط یک test داشتهیم build up test، انجام می دهیم چون build up

یک draw down، آنرا می توانیم در آن تفسیر کنیم

بعد از draw down یک build up، جمع انجام می دهیم، نتایج حاصل

را با draw down مقایسه می کنیم

در صنعت از build up استفاده می کنیم چون در draw down

یک ۹ داریم که تغییرات فشار را توضیح نمی کند اما در build up

چون $q=0$ است لذا تغییر فشار تحت تأثیر q نیست و شب نمودار

تحت تأثیر q قرار نمی گیرد و دقیق تر است

Example:

$$m = 1850 - 1750 = 100$$

$$-100 = -122.6 \times 10^6 \times 1.2 \times 10^{-4} \Rightarrow k = 41.104 \text{ md}$$

$$S = 1.181 \left[\frac{1750 - 1150}{100} - \log \left(\frac{EA}{r_w^2 \times 2.3 \times 10^{-6} \times 1.2 \times 10^{-4}}{0.0001} \right) + 2.3 \right]$$

از شب \rightarrow زمان شروع خط راست $\rightarrow \log \Delta t$ vs $\log (P_{ws} - P_{wf})$ بدست می آید

$$\rightarrow C = \frac{q \Delta t}{2.4 \Delta P} = \frac{Q B \Delta t}{2.4 \Delta P} \quad \text{well bore storage coefficient}$$

در اینجا در زمان های پایین wellbore storage زیر خط راست قرار می گیرد

wellbore storage در buildup test دقیقاً شب drawdown می باشد

با این تفاوت که زیر خط راست می باشد و با بیش بهاء یک افزایش فشار ناگهانی

اتفاق می افتد

gauge در آنجا نصب می شود

Subject: _____
Date _____

the pressure build up test data does not f

Multi Rate D.D.

Excel جداول

two Rate, Multi Rate B.V.

pressure build up test: preceded by two different flow rates

$$\frac{P_i - P_{wf}}{q_n} = m' \sum_{j=1}^n \left[\frac{q_j - q_{j-1}}{q_n} \log(t - t_{j-1}) \right] + m' \left[\log\left(\frac{k}{\phi \mu c_t r_w^2}\right) - 3.23 + .18995 \right]$$

for special case $q_n = 0$

$$P_i - P_{ws} = m' \sum_{j=1}^n (q_j - q_{j-1}) \log(t - t_{j-1})$$

In terms of rate history shown:

$$P_i - P_{ws} = \frac{141.8 q_r B M}{k h} \left[\frac{q_1}{q_r} \log\left(\frac{t}{t - t_1}\right) + \log\left(\frac{t - t_1}{t - t_r}\right) \right]$$

Let $t - t_r = \Delta t$, $t_1 = t_{p_1}$, $t_r = t_{p_1} + t_{p_r}$, and $t - t_1 = t_{p_r} + \Delta t$.

$$P_i - P_{ws} = \frac{141.8 q_r B M}{k h} \left\{ \left(\frac{q_1}{q_r} \right) \log\left(\frac{t_{p_1} + t_{p_r} + \Delta t}{t_{p_r} + \Delta t}\right) + \log\left[\frac{(t_{p_r} + \Delta t)}{\Delta t}\right] \right\}$$

این معادله نخون حامل جمع دو مقدار \log است! آت را در کار تریب کم

من کتب

analyze

1) we plot

$$P_{ws} \text{ vs } \left[\left(\frac{q_1}{q_r} \right) \log \left(\frac{t_{p1} + t_{pr} + \Delta t}{t_{pr} + \Delta t} \right) + \log \left(\frac{t_{pr} + \Delta t}{\Delta t} \right) \right]$$

on cartesian paper

preceded by $(n-1)$ different flow rates

$$P_i - P_{ws} = \frac{141.4 q_{n-1} \mu B}{kh} \left[\frac{q_n}{q_{n-1}} \log \left(\frac{t}{t - t_1} \right) + \left(\frac{q_r}{q_{n-1}} \right) \right. \\ \left. \times \log \left(\frac{t - t_1}{t - t} \right) + \left(\frac{q_{n-5}}{q_{n-1}} \log \left(\frac{t - t_{n-5}}{t - t_{n-5}} \right) + \log \left(\frac{t - t_{n-5}}{t - t_{n-1}} \right) \right] \right]$$

$$s = 1.151 \left[\frac{P_{ihr} - P_{wf}}{m} - \log \left(\frac{k}{\phi \mu c_r r_w^2} \right) + s_{pr} \right]$$

The P_i is the value of P_{ws} on the straight line

extra polated to $n=0$

$$k = 141.4 q_{n-1} \mu B / mh$$

$$m = \left| \frac{P_{wse} - P_{wsi}}{X_e - X_i} \right|$$

$$X = \left[\left(\frac{q_1}{q_{n-1}} \right) \log \left(\frac{t}{t - t_1} \right) + \dots + \log \left(\frac{t - t_{n-5}}{t - t_{n-1}} \right) \right]$$

horner's approximation ^{en}، SUPER position سے توانیم

$$t_{pH} = \frac{2.4 N P}{q_{last}}$$

استفادہ کینیم

$$P_{wf} = P_i - \frac{141.8 q_{last} B \mu}{kh} \left[\log \left(\frac{k t_{pH}}{\phi \mu c_t r_w^2} \right) - 3.14 + 0.11695 \right]$$

$$P_{ws} = P_i - \frac{141.8 q_{last} B \mu}{kh} \left[\log \frac{t_{pH} + \Delta t}{\Delta t} \right]$$

$$S = 1.151 \left[\frac{(P_{ihr} - P_{wf})}{m} - \log \left(\frac{k}{\phi \mu c_t r_w^2} \right) + 3.14 \right]$$

حال میں نمودار، رادر semi log رسم کینیم

Odeh and Selig method

$$P_i - P_{ws} = \frac{141.8 q^* B \mu}{kh} \log \left(\frac{t_p^* + \Delta t}{\Delta t} \right)$$

modified t_p and flow rate:

$$t_p^* = \gamma \left[t_n - \frac{\sum_{j=1}^n q_j (t_j^r - t_{j-1}^r)}{\gamma \sum_{j=1}^n q_j (t_j - t_{j-1})} \right] \quad q^* = \frac{1}{t_p^*} \sum_{j=1}^n q_j (t_j - t_{j-1})$$

* this method is accurate and applicable for pressure

at values of Δt greater than actual producing

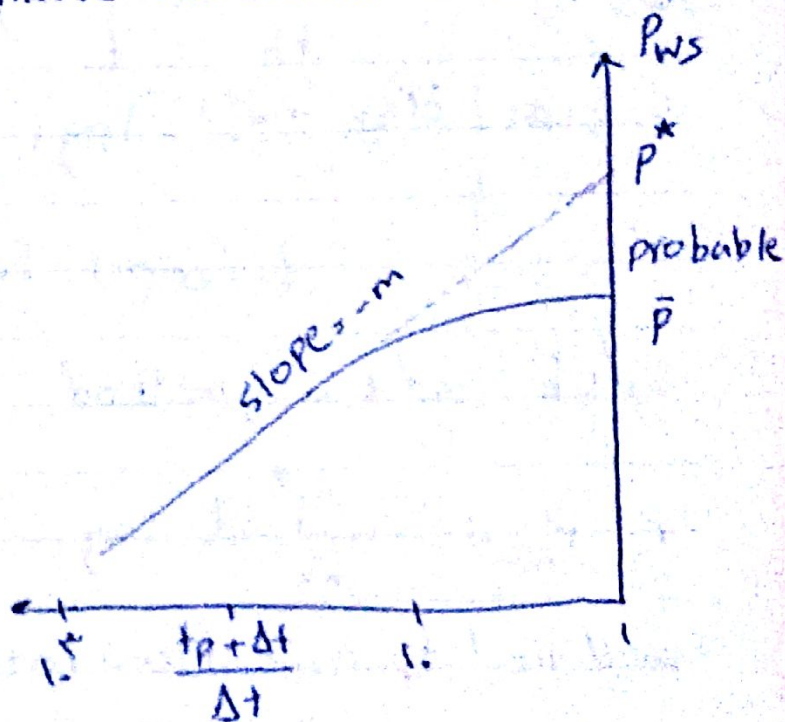
time $\Delta t \gg t_p$

* This condition is likely to occur only in a
drill stem test or short production test

ما حد آنتر جابه را تا ۳ الی ۴ روز می بینیم

pressure build up test : finite reservoir

horner's approximation



وقتی برای تست می شود مثل infinite عمل نمی کند و هرگز معین بر روی داده

هاه تست منتهی تا غیر می ندارد برای آنالیز داده ها دورش داریم

1) horner's approximation

for finite reservoirs the extrapolated pressure is not

a good estimate of p_i and generally has been called "False pressure" p^* and is usually higher than the average reservoir pressure

$$P_{ws} = p^* - m \left[\log \left(\frac{t_p + \Delta t}{\Delta t} \right) \right]$$

It's commonly believed that Horner plot should be used only for new wells or when t_p is relatively small or even $t_p < t_{pss}$

آبریک چاه تولیدی داشته باشیم داده‌های فشاری با \bar{p} میل می‌کند
(bounded reservoir)

نمی‌توانیم از داده‌ها به طور مستقیم \bar{p} را بدست آوریم چون نمی‌توانیم
درست extrapolate کنیم. همچنین در چند چاه ممکن است صرخ
با صرخ مغزین نرسد و با صرخ چاه دیگر نرسد در این حالت نمی‌توان \bar{p} را بدست
آورد

۲) MPH plot, for pseudo-steady state

$$t_p \gg \Delta t \rightarrow t_p + \Delta t \approx t_p$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \log\left(\frac{t_p + \Delta t}{\Delta t}\right) \approx \log\left(\frac{t_p}{\Delta t}\right) = \log(t_p) - \log(\Delta t) \\ P_{ws} = P^* - m \left[\log\left(\frac{t_p + \Delta t}{\Delta t}\right) \right] \end{array} \right.$$

از Δt منفرجه نظيره

$$\Rightarrow P_{ws} = [P^* - m \log(t_p)] + m \log(\Delta t)$$

P_{ws} vs $\log(\Delta t)$ in semilog (MDH plot)

slope = m همان m تقريب hore. er سي با سده سي توان كرا

بيست آورد

$$P^* = P_{1hr} + m \log(t_p + 1) \quad \rightarrow \Delta t = 1hr$$

$$\Delta t = 1hr \rightarrow P_{1hr}$$

فصل سوم كتاب WT

فصل دوم كتاب PT

آبر سياه تنها در يك مغز با سده P_{ws} ؟ كي عدد ثابت ميل سي كنز كه با آن

فشار متوسط سي گويند

MPH Analysis

To use this method to estimate average drainage region pressure P_r for circular or square system producing at pseudo steady state.

$$\Delta t_{DA} = \frac{1000 \cdot 2637 \cdot k \Delta t}{\phi \mu C_g a}$$

$P_{ws} - \Delta t$ semi log (خط راست) MDH plot (۱)

یک P_{ws} باروی نمودار انتخاب می‌کنیم و Δt را می‌خوانیم

$$\Delta t_{DA} = \frac{1000 \cdot 2637 \cdot k \Delta t}{\phi \mu C_g a} \rightarrow \text{drainage area}$$

(۲) Δt_{DA} را بدست می‌آوریم

(۳) از نمودار مربع و بار داشتن Δt_{DA} و P_D را بدست می‌آوریم (از نمودار) (۱۱)

$$\bar{P}_r = P_{ws} + \frac{m P_D \text{ MPH}}{1.1513}$$

(۴) \bar{P}_r را بدست می‌آوریم

m شیب حاصل از شیب خط راست در MDH plot می‌باشد

در نمودار مربع نمودار بالایی برای no flow در نمودار پایینی برای

Subject
Date

aquifer من باشد و ما با نمودار با لاین کاربرد مربع

این روشن بران معازن دایره ای و مربع ای کاربرد دارد

نمودار مربع $P_D - \Delta + D_A$ می باشد

Estimating reservoir average pressure

methods for determining p_{ave} from a build up test

(1) MBH method

(2) Ramey-cobb method

(3) Dietz method

MBH method: based on theoretical correlations

between the extrapolated semilog straight line to

the false pressure p^* and current average drainage

area pressure p_{ave}

$$\bar{p} = p^* - \left(\frac{1m}{r, r_{0.5}} \right) P_{DMBH}$$

where P_{DMBH} can be founded from proposed plots

The MBH dimensionless pressure is determined at the

dimensionless producing times $t_{pDA} = \left[\frac{0.0002637 k}{\phi \mu C_t A} \right] t_p$

Subject: _____

Date _____

5
1

average pressure in the drainage area of each well can be related to p^* if the geometry, shape and location of the well relative to the drainage boundaries are known

Methods for \bar{p}

1- Using Homer's plot

MBH

Ramey - Cobb method

2- Using MPT plot

MDH

Dietz

3- others

Modified Muskat

MBH methode procedure

1. Make a horner's plot

2. extrapolate semi log straight line P^* at $\frac{t_p + \Delta t}{\Delta t} = 1$

3. Evaluate the slope of the semi log straightline m

4. MBH dimensionless producing time $t_{pDA} = \left[\frac{1.106 \times 10^{-4} k h^2}{\phi \mu c A} \right] t_p$

5. find the closest approximation to the shape of the well drainage area in figures and correct curve

6. $t_{pDA} \rightarrow P_{DMBH}$

7. $\bar{p} = P^* - \left(\frac{1m}{2,303} \right) P_{DMBH}$

t_p کدام است؟ چگونه باید؟ چگونه می‌توان PSS time را از PSS جدا کرد؟

خطی عمل می‌کند و می‌توان PSS time را از PSS جدا کرد، چون در PSS، producing time

دقیق‌تر است؟ اما کدام دقیق‌تر است؟ چگونه t_p در horner plot با تغییر

دارد در صورت تغییر t_p با تغییر horner plot، تغییر دهنده

\bar{P} را می توان برای Shape, drainage های مختلف بدست آورد

از داده های بعد MTR نیازی نیست استفاده کنیم همین که از خط راست

deviate کرد می شود \bar{P} را بدست آورد

شکل دقیق مخزن را نمی دانیم A را شاید داشته باشیم ولی شکل مخزن

مشخص نیست. شکل مخزن را به صورت حدودی از draw down تست یا

تست های دیگر بدست می آوریم

در محاسبه t_{ppa} ویژگی های سیال به صورت تقریبی بدست آمده است

Ramey and Cobb method

Horner's plot

flowing data, shape of the well

location of the well within the drainage area

size of the drainage area

producing time before shut in t_p ها

Subject: _____

Date _____

$$t_{pDA} = \left[\frac{.1000 \cdot 2437 K}{\phi \mu C_A} \right] t_p$$

if $t_{pDA} < (t_{pDA})_{p.s.s}$

$$\bar{p} = p^* - m \log [\exp(C_A t_{pDA})] , \quad \frac{t_p + \Delta t}{\Delta t} = \exp(C_A t_{pDA})$$

if $t_{pDA} > (t_{pDA})_{p.s.s}$

$$\bar{p} = p^* - m \log (C_A t_{pDA}) , \quad \frac{t_p + \Delta t}{\Delta t} = C_A t_{pDA}$$

Diets method

MDH plot P_{ws} vs $\log \Delta t$

$$(\Delta t) \bar{p} = \frac{\phi \mu C_A}{.1000 \cdot 2437 C_A K} \quad , \quad (\Delta t) \bar{p} = \frac{t_p}{C_A t_{pDA}}$$

Advances in well test Analysis

این روش در کتاب

E eurlagher

t_p و C_A تقریباً در تمامی روش ها وجود دارند.

Δt زمان pseudo شدن

فرض های این روش اجاب با قدری توید کرده که ج. P.S.S. رسیده باشد

$$t_p > t_{pss}$$

آنگاه $(\Delta t)_{\bar{p}}$ در نمودار نبود در یک Δt کمتر برای مثال $\frac{(\Delta t)_{\bar{p}}}{1}$ این خوانیم

و یک cycle log حلوی رویم $(\Delta t)_{\bar{p}} = 1.35$

$$\Delta t = 1.35 + m(1) \rightarrow p + m = \bar{p}$$

quick and simple

برای چاه با $S > 0.3$ مناسب می باشد

مثال در کتاب صفحه ۹۵

حتما چاه باید قبل از pseudo steady & shut-in باشد

Modified Muskat Method.

After boundary effect for a well centered in drainage

area: $\log(\bar{p} - P_{ws}) = C_1 + C_2 \Delta t$

زمانی که shape مخزن را می دانیم از این روش استفاده می کنیم و این روش

به شکل مخزن نیازی ندارد و این روش در hydraulic fract, layer reservoir

می باشد در حالی که MDPH برای یک u می باشد. ~~مثال این روش این است~~

زمان Shut-in باید خیلی زیاد باشد که از نظر عملیاتی خیلی طولانی نباشد

$$t_{shut\ in} = \frac{v d_0 \phi^2 C + r_e^2}{k}$$

بخصوص برای مخازن کم ترازا

این روش برای بازه Δt زیر صادق است

$$\frac{v d_0 \phi^2 C + r_e^2}{k} \leq \Delta t \leq \frac{7 v d_0 \phi^2 C + r_e^2}{k}$$

در این بازه زمانی $\log(\bar{p} - P_{ws})$ بر حسب Δt خطی خواهد بود

در این بازه زمانی چهار یا پنج تا Δt در P_{ws} را بر سر داریم و \bar{p} را حدس

می زنیم و از مقدار حدس می زنیم تا خودار $\log(\bar{p} - P_{ws})$ بر حسب Δt

یک خط است شود \bar{p} همان فشار متوسط مورد نظر ماست باشد

Problem

2.16 - 2.20 - 2.25 - 2.35 - 2.39 pressure transient testing