

Subject:

۷۳

Year. ۹۴ Month. ۹ Date. ۲۳ ()

origin of petroleum organic
inorganic

formation of oil and gas 1) generation
۲) maturation
۳) migration
۴) accumulation

for reservoir formation 1) source rock
۲) reservoir rock
۳) cap rock

Distribution of phase,



petroleum field 1. exploration
۲. drilling
۳. reservoir eng
۴. production

جریان سیال در oil zone بررسی می شود که قابل بسط در gas و

Subject:

۲۵

Year: ۹۴ Month: ۴ Date: ۲۳ ()

water

Darcy equation:

$$q = \frac{kA}{\mu} \frac{\Delta P}{L}$$

$$V = - \frac{k}{\mu} \frac{\partial P}{\partial n}$$

سرعت ظاهری > سرعت واقعی

$$V_{act} = \frac{V_{app}}{\phi}$$

Assumption of darcy: خواص درخت با هم متفاوت z , ρ , μ یکسان باشد

1) laminar ۲) single phase ۳) isotropic

۴) st. state ۵) no reaction ۶) isothermal

homogeneous. در یک جهت می گیریم اگر خواص در یک جهت ثابت باشد

homogeneous می گویند

$$q = \frac{-kA}{\mu} \left(\frac{\partial P}{\partial n} + \text{hydraulic gradient} \right)$$

با نسیل

$$q = \frac{-kA}{\mu} \left(\frac{\partial P}{\partial n} - 9.47 \times 10^{-4} \rho \cos \theta \right) \text{ Darcy field}$$

$$q = -1.127 \frac{kA}{\mu} \left(\frac{\partial P}{\partial n} - \frac{\rho}{144} \cos \theta \right) \text{ oil field}$$

$$q = -1.127 \frac{kA}{\mu} \left(\frac{\partial P}{\partial n} - 0.433 \gamma \cos \theta \right), \frac{\rho}{\rho_{H_2O}} = \gamma$$

Subject:

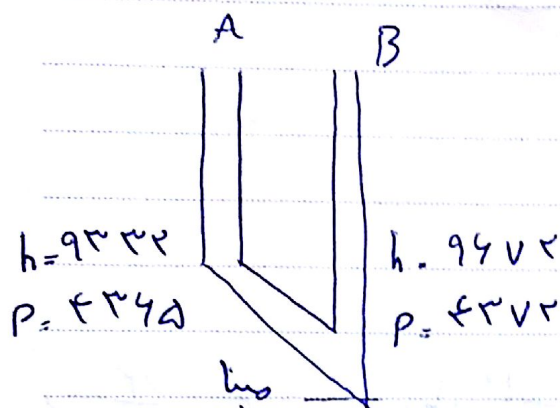
۳۰۰

Year. ۹۴ Month. ۴ Date. ۲۳

$$\frac{g}{g_c} = 1 \quad (\text{darcy, oil field})$$

$$\frac{g}{g_c} = 9.81 \quad (\text{SI})$$

$$\frac{g}{g_c} = 9.81 \quad (\text{cgs})$$



$$k = 24 \text{ md}$$

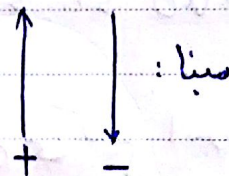
$$\mu = .43 \text{ cP}$$

$$9462 - 9332 = 130 \text{ ft}$$

$$130 \times .43 = 56.1 \text{ psi}$$

$$P_B = 4362$$

$$P_A = 4344 + 56.1 = 4400.1$$



geometry of reservoir:

1) linear

$$2) \text{ radial} \rightarrow q = \frac{2\pi k h}{\mu} \frac{\partial P}{\ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right)}$$

3) spherical

Type of fluids:

۱) incompressible

نفت سنگین

۲) slightly compressible

نفت سبک

۳) compressible

gas

Type of flow:

۱) st. state

 $P \left(\frac{\partial P}{\partial t} = 0 \right)$ در واحد زمان ثابت است

۲) unst. state

 $\frac{\partial P}{\partial t} \neq 0$

۳) pseudo st. state

 $\frac{\partial P}{\partial t} = cte$

وقتی یک چاه در یک مخزن میزنیم و برداشت را شروع می کنیم ابتدا حالت

unst. state است و فشار به صورت شدیدی تغییر می کند و بعد از مدتی فشار

به حالت pseudo در می آید. اما حالت St. State زمانی اتفاق می افتد

که یک source بیرونی افت فشار حاصل از برداشت را جبران کند

مثل source زیر زمینی آب

* برای اینکه مخزن Ratel ثابت تولید کند و فشار ناگهانی نیفتد باید درون water zone و gas zone گاز و آب تزریق می کنیم و ما باید از مخزن به گونه ای برداشت کنیم که سریع افت فشار رخ ندهد

* موتور، توربین یک مخزن نفت درون آن می باشد که نباید بزرگ خیلی سریع خارج شود

* بسیاری از مخازن دارای نفت سنگین می باشد که با اینکه در عمق زیادی است اما چون مخازن gas zone ندارند برای بدست آوردن آن باید در ته چاه پمپ قرار دهیم

* ما به هیچ وجه نمی توانیم افت فشار مخزن را به صفر برسانیم یعنی st. State کنیم. تلاش ما با اضافه کردن آب به gas injection aquifer برای این است که افت فشار را کم کنیم ولی نمی توانیم به صفر برسانیم

Subject:

ص ۶

Year: ۹۴ Month: ۶ Date: ۲۸ ()

جریان سیال در محیط متخلخل را بررسی می کنیم

می خواهیم فرضیات مختلف را از تانوم داری بگیریم

$$P_r \sim q$$

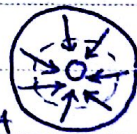
اصل درسی ارتباط دادن فشار با دبی جریان می باشد

$$q = \frac{-kA}{\mu} \frac{\partial P}{\partial x}$$

برای تغییر شکل داری باید چند مورد را بررسی می کنیم

flow geometry:

1) radial flow



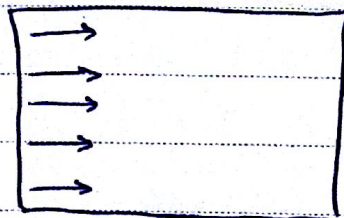
are not parallel

cross section is not constant

چون سطح مقطع کم می شود و دبی ثابت است سرعت در اطراف چاه بیشتر است

اصل جریان در داخل مخزن؟ حالت radial می باشد

2) linear flow

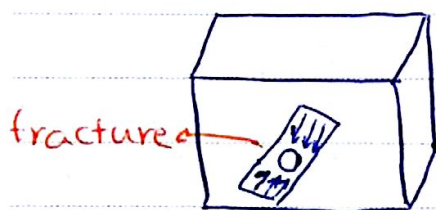


are parallel

cross section is constant

این جریات در درجا اتفاق می افتد.

۱- مخزن در چاه fracture داشته باشد



جریات در صفحه (شکلات) که چادر اقلع کرده به صورت

خطی خواهد بود

۲- در مخازن غلی و وسیع در مناطق بسیار دواز چاه حرکت نزدیکی به صورت

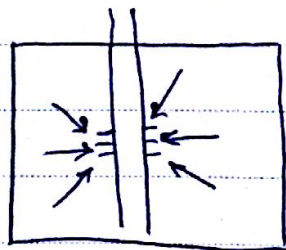
radial نیست چون فاصله ی چاه زیاد است و نمی تواند تحت تأثیر قرار دهد

در یک شعاع معین چاه تأثیر خرد را بر جریات می تدارد و radial & linear

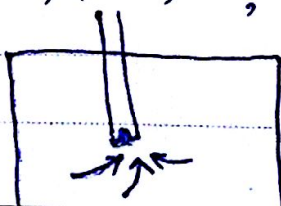
تبدیل می شود

۳) spherical flow

۱- وقتی چاه به طور کامل perforate نشده باشد در کل و (شکل بندی)



۲- وقتی است که سیال از کل دهانه چاه راه عبور نداشته باشد مثل



water coning که نیم کردی می باشد

۱۰ تا ۹۰ درصد محاسبات در قالب radial flow باشد

Types of fluid:

۱) incompressible غیر فشرده

$$\frac{\partial v}{\partial p} = 0$$

۲) slightly compressible غیر فشرده جزئی

$$c \int_{p_{ref}}^p dp = \int_{v_{ref}}^v \frac{dv}{v}$$

۳) compressible فشرده $c_g = \frac{1}{p} - \frac{1}{z} \left(\frac{\partial z}{\partial p} \right)_T$

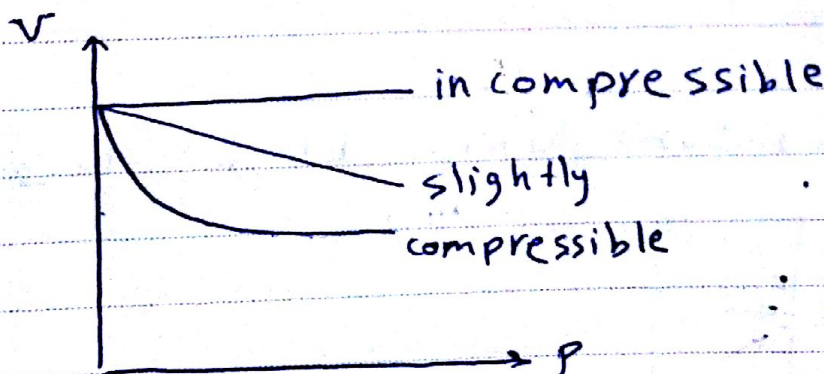
$$\Rightarrow v = v_{ref} \exp(c(p_{ref} - p))$$

$$c = -\frac{1}{v} \frac{\partial v}{\partial p} \quad \text{یا} \quad c_g = \frac{1}{p}$$

$$e^n, 1+n + \frac{n^2}{2!} + \frac{n^3}{3!}, c \ll 0$$

$$e^n, 1+n$$

$$v = v_{ref} [1 + c(p_{ref} - p)]$$



Types of flow regimes:

- 1) Steady State $\frac{\partial P}{\partial t} = 0$ به صورت ایده آل است و امکان وقوع ندارد و آنر تک پستیانی فشار قوی داشته باشیم aquifer (سفره آب زیرزمین)
- 2) unsteady state $\frac{\partial P}{\partial t} = f(t, r, i)$ واقعی ترین فرم تغییر فشار تا قبل از رسیدن تمامی امواج به تمام سرزمین مخزن
- 3) pseudue steady state $\frac{\partial P}{\partial t} = cte$ رفتی امواج به سرزمین رسیدند حالت 3 پیشی می آید و تغییرات فشار به حسب زمان خطی می شود در حالت واقعی در هنگام برداشت از چاه حالت unst. stat پیش می آید چون به خاطر وجود disturbance با تغییر هم به زمان و هم به مکان بستگی دارد

1) $q = - \frac{k A}{\mu} \frac{\partial P}{\partial r}$ linear incompressible steady state

2) $q = -14.18 \frac{k A}{\mu} \frac{\partial P}{\partial r}$ radial incompressible steady state

$q = V_{ro} \frac{k h}{\mu} \frac{P_e - P_w}{\ln \frac{r_e}{r_w}}$
 ↳ bbl/day $\times 10^6$

$q = V_{ro} \frac{k h}{\mu B_o} \frac{P_e - P_w}{\ln \frac{r_e}{r_w}}$
 ↳ STB/day

3) $q = -14.18 \frac{k A}{\mu} \frac{\partial P}{\partial r}$ spherical incompressible steady state

$q = -14.18 \frac{k}{\mu} \frac{(P_e - P_w)}{(\frac{1}{r_e} - \frac{1}{r_w})}$
 ↳ bbl/day

$q = -14.18 \frac{k}{\mu B_o} \frac{(P_e - P_w)}{(\frac{1}{r_e} - \frac{1}{r_w})}$
 ↳ STB/day

۴) linear compressible steady state
liquid (slightly comp)

در سیستم incompressible برای St. state یک source بی‌درنی نیاز داریم

اما در compressible امت فشار برای St. state بودن توسط تغییر حجم جریان

$$q = q(n)$$

بی‌شود

$$q = q(p)$$

$$C_o = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dP} \quad V = q \left(\frac{ft^3}{s} \right)$$

$$C_o = -\frac{1}{q} \left(\frac{dq}{dP} \right)$$

$$\int C_o dP = \int -\frac{dq}{q}$$

★ از روابط تجربی محاسبه می‌شود و یا به صورت avg در روابط

$$\star \mu = \mu(P)$$

ظاهر می‌شود

$$q = q_1 \exp \left[\underbrace{C_o (P_1 - P)}_{\ll} \right] \rightarrow q = q_1 [1 + C_o (P_1 - P)]$$

با داشتن این رابطه در مرتبه با داشتن q قابل محاسب است

$$q = -\frac{kA}{\mu} \frac{\partial P}{\partial x} \Rightarrow q_1 [1 + C_o (P_1 - P)] dx = -1.127 \frac{kA}{\mu} dP$$

Subject:

۱۱ ص

Year. ۹۴ Month. ۶ Date. ۳۰ ()

$$\int_0^L q_1 dn = \int_{P_1}^{P_c} -1,127 \frac{kA}{\mu} \frac{dp}{1 + C_0(P_1 - P)}$$

$$q_1 = 1,127 \frac{kA}{\mu C_0 L} \ln [1 + C_0 (P_1 - P_c)]$$

این رابطه برای بدست آوردن q استاندارد همان q است استفاده کنیم

برای q بدست آوردن q از رابطه صفحه قبل استفاده می کنیم

۵) Radial compressible liquid steady state
slightly compressible

$$q = 1,127 \frac{k \pi r h}{\mu} \frac{dp}{dr}$$

در اختلاف فشارهای ۰.۱ تا ۵ و سیسکو، تپه برای مایعات خیلی q فشار بستگی

ندارد و نیازی q میانگین گیری نیست

$$q = q(P), \mu = \mu(P)$$

$$q \frac{dr}{r} = \frac{V_{ro} \pi k h}{\mu} dp$$

$$q = q_{ref} \exp [C_0 (P_{ref} - P)] \text{ or } q = q_{ref} [1 + C_0 (P_{ref} - P)]$$

$$q_{ref} [1 + C_0 (P_{ref} - P)] \frac{dr}{r} = \frac{V_{ro} \pi k h}{\mu} dp$$

$$q_{ref} \int_{r_w}^{r_e} \frac{dr}{r} = \frac{V_{ro} \pi k h}{\mu} \frac{dp}{1 + C_0 (P_{ref} - P)}$$

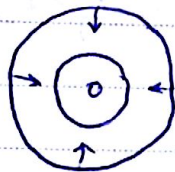
Subject: ۱۲۰
 Year: ۹۴ Month: ۴ Date: ۳۰ ()

$$q_w = V_o \Lambda \frac{k_h}{\mu C_o \ln(\frac{r_e}{r_w})} \ln(1 + C_o(P_e - P_w))$$

تیم مرحله قبل تر:

$$q_{ref} = \frac{V_o \Lambda k_h}{\mu C_o \ln(\frac{r_e}{r_w})} \ln \left[\frac{1 + C_o(P_e - P_{ref})}{1 + C_o(P_w - P_{ref})} \right]$$

آن $P_{ref} = P_w$ باشد، رابطه بالا صحیح است و آید



۴) linear compressible steady state (gas)

$$PV = znRT \xrightarrow{+} p\dot{V} = z\dot{n}RT \Rightarrow q = \frac{z\dot{n}RT}{p} \times \frac{1}{d, 41d}$$

$$1 bbl = 5.6148 ft^3$$

$$\frac{z\dot{n}RT}{d, 41dP} dn = -1, 12V \frac{kA}{\mu} dp$$

$$\int_0^L \dot{n} dn = \int_{P_i}^{P_r} -1, 12V \frac{kA}{\mu} \frac{P}{zRT} dp \quad \text{where } \bar{z}, \bar{\mu} \text{ are average values}$$

تیم

$$\dot{n} = 3, 145 \frac{kA}{\bar{\mu} \bar{z} R T L} (P_i^2 - P_r^2) \frac{lb mole}{day}$$

Subject:

ص ۱۳

Year. ۹۴ Month. ۶ Date. ۳ ()

$$q_{sc} = \frac{Z h^2 R T_{sc}}{P_{sc}} \Rightarrow q = 111.9 \frac{kA}{\bar{\mu} \bar{Z} L T} (P_1^2 - P_2^2)$$

۱۴۷ psi

★ در سیستم های گازی چون فشار به صورت درجه ای ظاهر می شود واحد فشار باید

psia و T در واحد °R (رانکین) باشد

★ از شرایط استاندارد برای ساده سازی و کم کردن محمولات استفاده می کنیم

★ برای آنکه بتوانیم از Z میانگین بگیریم باید فشار در محدوده مشخصی باشد

★ فرمول در سه ناحیه ای $p < 2000$, $2000 < p < 3000$, $p > 3000$ متفاوت

می باشد

V) Radial compressible steady state

$$q = 1.127 \frac{k(r \pi r h)}{\mu} \frac{dp}{dr}$$

$$\frac{Z h^2 R T}{P} \frac{dr}{dr} = v_{ro} \frac{k h}{\mu} \frac{dp}{dr}$$

$$\int_{r_w}^{r_e} \frac{dr}{r} = \int_{P_w}^{P_e} \frac{v_{ro} k h}{\mu Z R T} \frac{dp}{p}$$

$$\ln \frac{r_e}{r_w} = \frac{v_{ro} k h}{\mu \bar{Z} R T} \frac{(P_e^2 - P_w^2)}{2}$$

P4PCO

Subject: 1f2
 Year: 9th Month: 9 Date: 10/11/20

$$\dot{n} = V_{at} \frac{k_h \cdot A_{ria}}{\bar{\mu} Z R T} \frac{P_w - P_w'}{\ln\left(\frac{P_w}{P_w'}\right)} \quad \text{and} \quad \dot{n} = \frac{P_{sc} q_{sc}}{Z_{sc} R T_{sc}}$$

$$q_{sc} = V_{at} \frac{k_h}{\bar{\mu} Z T} \frac{P_w - P_w'}{\ln\left(\frac{P_w}{P_w'}\right)}$$

$$q = \frac{Z \bar{\mu} R T}{P} \times \frac{1}{A_{ria}}$$

$$\frac{bbl}{day} \quad \star \quad 1 MSCFD = 1000 \frac{scf}{day}$$

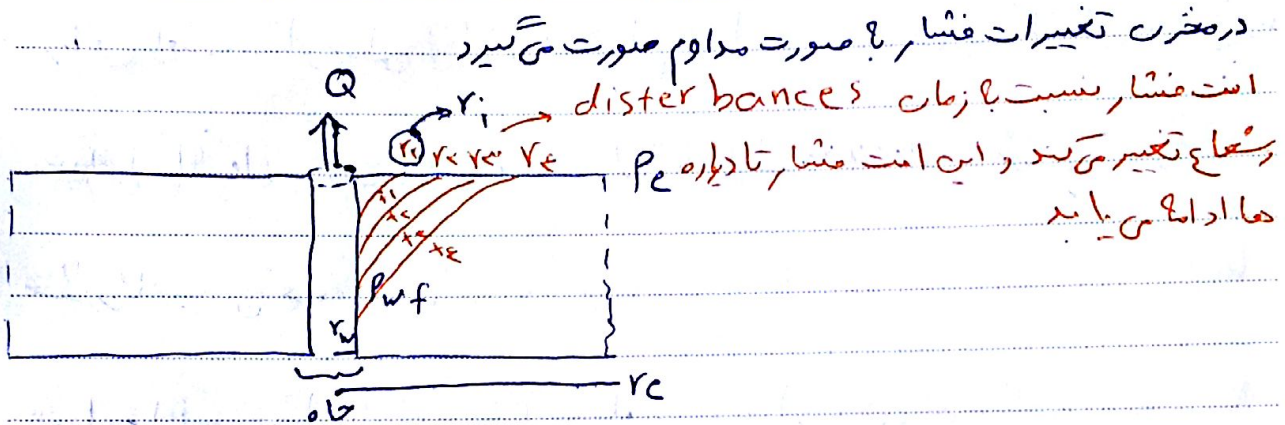
$$\star \quad 1 MSCFD = 1000 \frac{scf}{day}$$

PAPCO

Radial slightly compressible unsteady state

unsteady state condition:

pressure continuously changes



r_i → radius of investigation

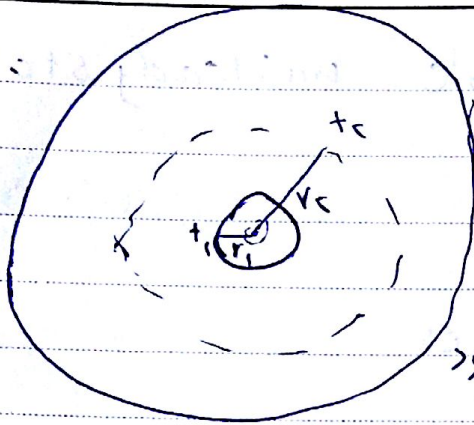
شعاع انتشار فشار گسترش می یابد

pressure is a function of time at constant Q

{ permeability
 porosity
 compressibility

Shock که به مخزن وارد می شود این انت فشار به صورت شعاعی در مخزن گسترش

می یابد



شیب افت فشار در اطراف چاه ۰

دلیل کم بودن سطح مقطع زیاد می باشد

اما با دور شدن از چاه شیب افت فشار کم می شود

زمانی افت فشار خطی می باشد که تمام نقاط مخزن به صورت یکسان درگیر شوند

بعد از اینکه کل مخزن درگیر افت فشار شد حالت pseudo می باشد و شیب

خط در حالت می شود

حیران افت فشار با تزریق آب ننگاری بسیار مثبتی نیست

مخزن به دو صورت عمل می کند:

۱) infinite acting (un bounded Reservoir)

۲) finite acting (bounded Reservoir)

infinite acting: $r_e = \infty$ یا r

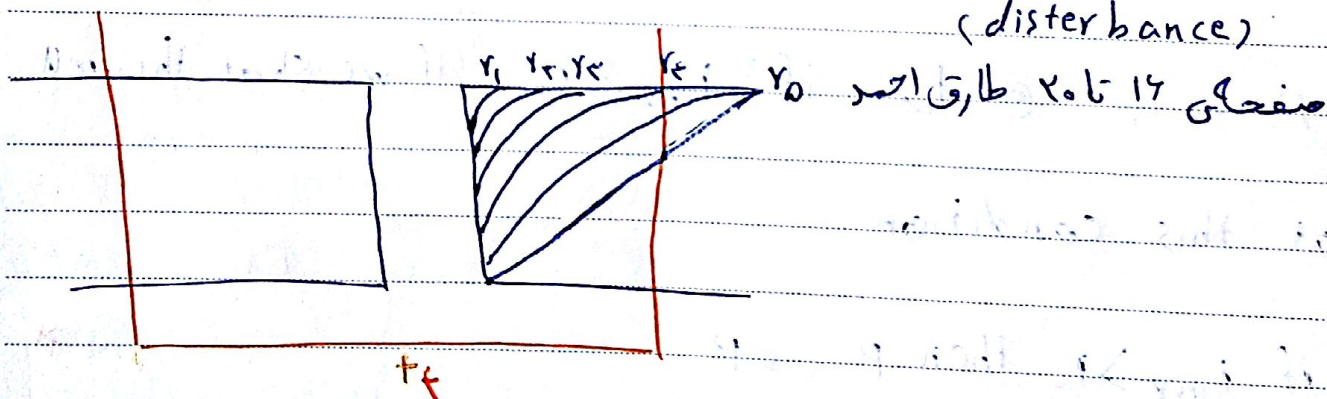
هر چه تولید می کنیم و زمان می گذرد هنوز یک نقطه از مخزن وجود دارد که در

فشار اولیه می باشد و به صورت سیمبلیک می باشد و r_e با r مساوی نمی شود

finite acting: $r_e = r_i$

همه قسمت های مخزن درگیر افت فشار شده است.
 در واقعیت مخزن infinite نداریم اما علت اینکه نامحدود می نامیم نحوه عملکرد آنست که چون مادر مهندسی نفت مطالعات ما بر اساس زمان حال می باشد و اگر در آن لحظه نتایج گسترش با r_e برابر نباشد از فرض نامحدود بودن مخزن برای انجام یک سری محاسبات استفاده می کنیم. برای مثال می خواهیم مخزن را در محدود می t_e بررسی کنیم و ویژگی ها را؟ زیست آوریم

آثر نتایج گسترش با r_e بر شکل افت فشار مایع می شود
 (diferbance)



Basic transient flow equation:

اسم دیگر unsteady state، مخزن از باز شدن تا به انتهای مخزن رسیدن یک

حالت ناپایا ایجاد می شود و مدت زمانی که طول می کشد تا مخزن به حالت پایا برسد در آن گذار (transient) می گویند.

* آخر مخزن را تولید کنیم $disturbance$ به آخر مخزن نرسد و بعد از مدتی مخزن

را ببینیم در t_n فشار مخزن به فشار اولیه P_1 برمی گردد. t_n ممکن است n روز

طول بکشد اما از نظر تئوری با P_1 برمی گردد و مخزن برای $compressibility$ مخزن

می تواند دوباره خود را احیا کند

* حالت گذری یا متغیر $disturbance$ ، ثابت بودن دبی تولیدی می باشد.

* چرا فشار به فشار اولیه برمی گردد و با فشار avg بر نمی گردد؟

* $P \rightarrow P_1$ @ t_{∞} if $r_{inv} < r_e$ if we shot the well at this condition

* if $r_{inv} > r_e$ then $P \rightarrow \bar{P}$

* آخر shock که مخزن وارد می شود خیلی شدید باشد هیچوقت به P_1 بر نمی گردد

1) Continuity equation

معادله پیوستگی جرم (قانون بقای جرم)

2) Transport equation

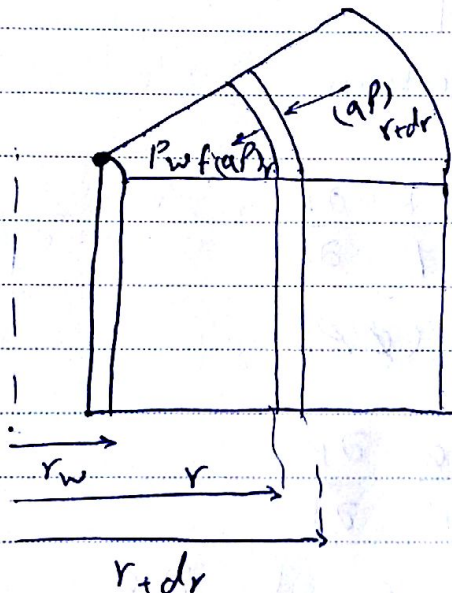
معادله حرکت سیال

3) Compressibility equation

معادله تراکم پذیری

$$\left[\begin{array}{c} \text{mass entering volume} \\ \text{during } \Delta t \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{mass leaving volume} \\ \text{during } \Delta t \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Rate of} \\ \text{mass accu} \\ \text{during } \Delta t \end{array} \right]$$

mass in mass out.



$$\text{Mass}_{in} = \Delta t [A v \rho]_{r+dr}$$

$$v \times (r+dr)h \quad \text{سرعت}$$

$$A_{r+dr} = v \times (r+dr)h$$

$$V = \pi r^2 h$$

$$\frac{dV}{dr} \cdot v \times r h \rightarrow dV \cdot v \times r h dr$$

$$(\text{Mass})_{in} = v \times \Delta t (r+dr)h (\rho)_{r+dr}$$

$$(\text{Mass})_{out} = v \times \Delta t r h (\rho)_r$$

$$\begin{aligned} \text{Total accumulation of mass at } \Delta t &= dV [(\rho)_t + \Delta t - (\rho)_t] \\ &= v \times r h dr [(\rho)_t + \Delta t - (\rho)_t] \end{aligned}$$

Basic transient flow equation

, 2013

$$\rho \pi r h (r+dr) \Delta t (\nabla \cdot \rho)_{r+dr} - \rho \pi r h \Delta t (\nabla \cdot \rho)_r = \rho \pi r h dr [\phi \rho]_{t+\Delta t} - [\phi \rho]_t$$

divided by $\rho \pi r h \Delta t$

$$\frac{1}{r dr} [(r+dr)(\nabla \cdot \rho)_{r+dr} - r(\nabla \cdot \rho)_r] = \frac{1}{\Delta t} [\phi \rho]_{t+\Delta t} - [\phi \rho]_t$$

$$\text{or } \boxed{\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} [r(\nabla \cdot \rho)] = \frac{\partial}{\partial t} [\phi \rho]}$$

Radial unsteady state equation

$$\nabla \cdot = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} \right) \times \frac{k}{\mu} \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} \right) \frac{k}{\mu} \frac{\partial P}{\partial r}$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} \right) \left(\frac{k}{\mu} (P_r) \frac{\partial P}{\partial r} \right) = \frac{\partial}{\partial t} (\phi \rho)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\phi \rho) = \phi \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \frac{\partial \phi}{\partial t} \quad \frac{\partial \phi}{\partial P} \frac{\partial P}{\partial t}$$

$$\rightarrow c_f = \frac{1}{\phi} \frac{\partial \phi}{\partial P}$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = \phi c_f \frac{\partial P}{\partial t}$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} \right) \left(\frac{k}{\mu} (P_r) \frac{\partial P}{\partial r} \right) = \phi \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \phi c_f \frac{\partial P}{\partial t}$$

تمام معادله را باید ϕ تبدیل کرد و ρ را از معادله خارج کرد

Radial slightly compressible unsteady state

$$\gamma, \kappa \propto \frac{k}{\mu} \left[\frac{\rho}{r} \frac{\partial P}{\partial r} + \rho \frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{\partial P}{\partial r} \frac{\partial \rho}{\partial r} \right]$$

$$= \rho \phi c_f + \left(\frac{\partial P}{\partial t} \right) + \phi \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} \right)$$

divided by ρ

$$\rightarrow \frac{\partial P}{\partial t} \frac{\partial \rho}{\partial P}, c_f = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial P}$$

$$\gamma, \kappa \propto \frac{k}{\mu} \left[\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial r} + c_0 \left(\frac{\partial P}{\partial r} \right)^2 \right] = \phi c_f + \phi c_0 \frac{\partial P}{\partial t}$$

$$c_f + c_0 = c_t \quad .12437 \rightarrow \text{hours} \quad \gamma, \kappa \propto \rightarrow \text{day}$$

$$\boxed{\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{\phi \mu c_t}{.12437 k} \frac{\partial P}{\partial t}}$$

diffusivity eq, معادله انتشار

Diffusivity constant:

ثابت انتشار

$$\eta = \frac{.12437 k}{\phi \mu c_t}$$

این ترم معادله سرعت انتشار، میزان فشار (disturbance) در مخزن

مرتبط به و رابطه آن با permeability, porosity, compressibility بیان

$$P_{r,t} = f(r,t)$$

$$\boxed{\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{1}{\eta} \frac{\partial P}{\partial t}}$$

2 boundary condition
 1 initial condition

معادله دارسی جوابی از حل معادله

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial r} - \frac{1}{\eta} \frac{\partial P}{\partial t}$$

می باشد

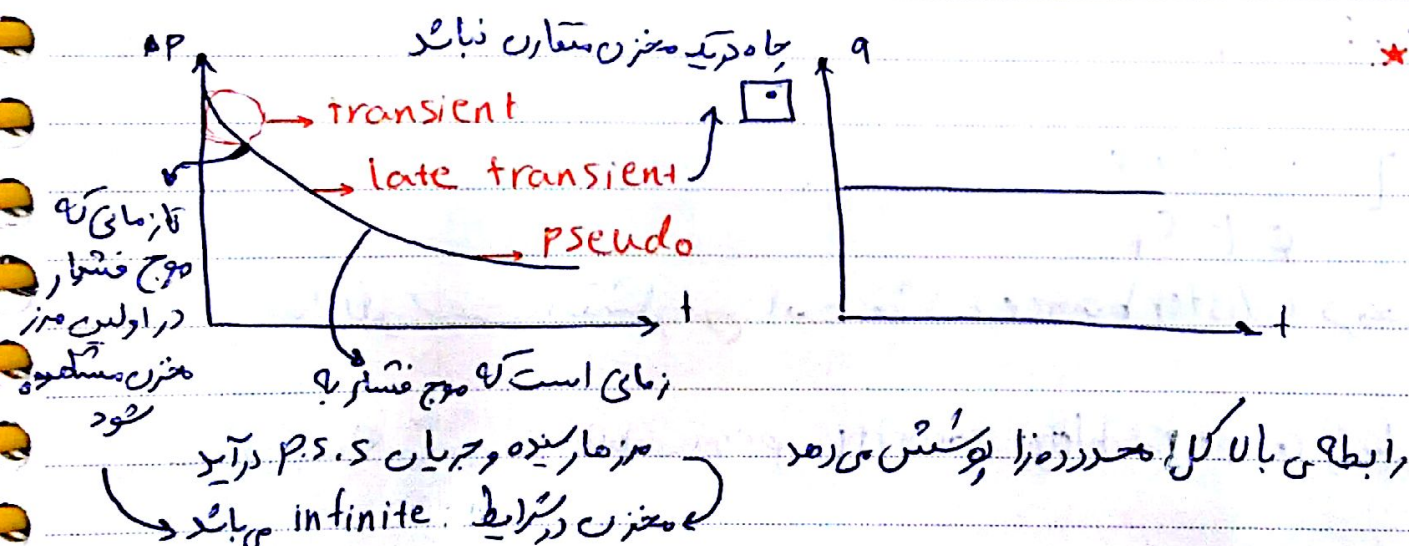
$$q = \frac{kh}{\mu} \frac{\partial P}{\partial r}$$

$$P = P_{wf} + \frac{q\mu}{kh} \ln(r/r_w)$$

$$P = P_{wf} + [c] \ln(r/r_w)$$

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial r} = 0$$

$$\frac{\partial P}{\partial r} = c \left(\frac{1}{r} \right) \quad \frac{\partial^2 P}{\partial r^2} = c' \left(-\frac{1}{r^2} \right)$$



Subject:

۲۳۰۳

Year. ۹۴ Month. V Date. ۴ ()

$$\frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} = \frac{1}{\eta} \frac{\partial p}{\partial t}$$

general solution (besel function)

با فرض infinite acting حل می‌کنیم

initial condition $\left\{ p = p_i @ t = t_0 \right.$

boundary condition $\left\{ \begin{array}{l} p = p_i @ r = r_e @ \text{all times} \\ \lim_{r \rightarrow \infty} \frac{\partial p}{\partial r} = \frac{q \mu}{2 \pi k h} \text{ for } t > 0 \end{array} \right.$

این فرض باعث می‌شود که در صورت transient باشد
چاه را به صورت نقطه $t > 0$ فرض می‌کنیم
فرض می‌کنیم که چاه را به صورت یک خط ببینیم (line source solution)

با این روش هم constant terminal rate solution می‌تواند

Basic transient flow equation: diffusivity equation

$$\left\{ \frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial r} - \frac{1}{\eta} \frac{\partial P}{\partial t} \right.$$

B.c.1 $P = P_i @ r = r_e @ \text{all } t$ infinite acting assumption

$$\lim_{r \rightarrow 0} r \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{q h}{k b} \quad @ \text{ all } t$$

I.e., $P = P_1 @ t = \dots @ \text{all } t \dots$

حل، یا فی این مسئلہ در صفحات ۱۵۰ تا ۱۵۲ کتاب Lake و یا ۲

solutions: . . .

1) the Ei function solution page 150-152 solution

2) the dimensionless pressure drop solution

answer from solution 1:

answer from solution 1:

$$P_{cr}(t) = P_i + \left[\frac{V_{01} \gamma q \mu B_0}{k h} \right] E_i \left[\frac{-q \kappa \Lambda \phi \mu C_{t,r}}{\text{mol} \times (k \cdot t) \times h r} \right]$$

$$E_1(x-n) = \int_n^{\infty} \frac{e^{-u} du}{u} = \left[\ln x - \frac{n}{1!} + \frac{n^2}{2!} - \frac{n^3}{3!} + \dots \right]$$

$x < 0.1$ $E_i(-x) = \ln(1, V \wedge 1/x) \sim \ln x + o(dVVX)$

L → euler constant

$$\gamma = e^{0.5772} = 1.781$$

$$E_i(-n) \approx \ln(\gamma n) \text{ for } n < 0.1$$

استفاده از نمودار ۱، ۱۹ با جدول ۱، ۱ کتاب advance reservoir $0.1 < n < 1$

Tarek Ahmad

$$n > 10 \quad E_i(-n) \approx 0$$

* در مثال هار با معمولاً n مشخص می باشد مگر اینکه زمان از ما خواسته شود

* $E_i(-n) \approx 0$ زمانی اتقاف می افتد که از چاه خیلی دور باشیم و در فواصل خیلی

دور تر از چاه که فشار دست نخورده برابر با فشار P_i می باشد. و یا در اول مخزن که

ا کوچک باشد یعنی فشار برابر با فشار P_i است اما مثال اول واقعی تر است.

* E_i همیشه منفی می باشد

* مثال برای $n < 0.1$ زمانی می باشد که $r < r_w$ سمت r_w می رود و افت فشار

مخزن را تحت تأثیر قرار داده است

* practically at well bore because of r_w usually

$$\alpha < 0.01$$

$$P_{r,t} = P_i + \frac{V_o \gamma_o q \mu B_o}{kh} \ln(r_n)$$

$$P_{wf} = P_i - \frac{141.8 Q_o \mu B_o}{kh} \left[\log \frac{k t}{\phi \mu c_t r_w^2} - 3.23 \right] \quad \text{فرم صنعتی} \quad \begin{matrix} md \leftarrow \\ \rightarrow hr \end{matrix}$$

when $t > 9.48 \times 10^4 \frac{\phi \mu c_t r^2}{k}$ چاه باید بیشتر از این زمان flow کند

* با جاگذاری $\alpha < 0.01$ معادله با لاپلاس می آید

* این معادله log approximation می گویند

* فرض ما هم فرض های قبلی می باشد constant terminal rate solutions

* در این معادله q ثابت و فشار تغییر می کند

* $radial$ slightly compressible $un St. St$ کاربرد این معادله

می باشد که در سال اثبات است

* W - $Dake$ صنعتی ldf

Example: The well is producing oil at constant rate

of 200 STBD calculate the reservoir at radius of

1 ft and 1200 ft after 3 hours of producing?

$$r_w = 0.5 \text{ ft} \quad r_e = 300 \text{ ft} \quad c = 1.5 \times 10^{-5} \text{ psi}^{-1}$$

$$P_e = 3000 \text{ psi} \quad \mu = 0.72 \text{ cp} \quad B_o = 1.475 \frac{\text{bbl}}{\text{STB}}$$

$$k = 1 \text{ md} \quad \phi = 0.23 \quad h = 15 \text{ ft}$$

المعلم Tarek Ahmad W Taha

$$P = P_e + \frac{948 k h}{14.14 k h} E_i \left(- \frac{r^2}{4 \eta(t)} \right)$$

darcy day

$$\eta = \frac{948 k h}{\mu c \phi}$$

$$= \frac{948 k h \times 0.1}{0.72 \times 1.475 \times 10^{-5} \times 0.23} = 2.45 \times 10^6$$

$$\tau_{hrs} = 0.15 \text{ day} @ r=1, t=0.15 \text{ day} \rightarrow x = \sqrt{1.475 \times 10^{-5} \times 0.15} < 0.01$$

$$\Rightarrow E_i(-x) - \ln x + 0.5772 = -11.14$$

$$P(r=1, t=0.15 \text{ day}) = 3000 + \left(\frac{2.0 \times 10^6 \times 1.475}{14.14 \times 0.1 \times 10^6} \right) \times (-11.14) = 2989 \text{ psi}$$

$$P(r=1200, t=0.15 \text{ day}) \rightarrow x > 10 \rightarrow E_i(-x) \approx 0 \rightarrow P_e \approx P_i = 3000 \text{ psi}$$

Example: calculate the time required to obtain a

Subject:

۲۸۵

Year. ۹۴ Month. ۷ Date. ۱۱ ()

pressure drop of ۲۵. psi, ۶۰. ft away from a well

with $q = 11000$ STB/D

$k = 10$ md $\phi = 7\%$ $r_w = 0.4$ ft $p_i = 3000$ psi

$r_e = 300$ ft $B_o = 1.4 \frac{b b L}{STB}$ $C_t = 6 \times 10^{-7}$ psi⁻¹

$\mu_o = 0.5$ cp $h = 12$ ft

معمولاً + باید بیشتر از زمان بدست آمده باشد

$$\Delta p_o = \left[\frac{70.6 \times 11000 \times 0.5 \times 1.4}{100 \times 12} \right] E_i [(-n)]$$

$\Rightarrow E(-n) = 4.11 \rightarrow$ با توجه به نمودار n در محدوده کوچکتر از 0.01 است باید n بزرگتر از 0.01 باشد پس داریم

$$E(-n) = \ln(n) + 0.5772$$

$$4.11 = \ln(n) + 0.5772 \Rightarrow n = 37.11$$

$$\frac{94.8 \times 0.0107 \times 0.5 \times 6 \times 10^{-7} \times (3000)^2}{100 \times 12} = 37.11$$

$$\Rightarrow t = 0.1194 \text{ hr} = 1.137 \text{ min}$$

The dimensionless pressure drop solution: (pd solution)

عدد بی بعد ما را از نیاز برای مشخصات مشخص منع می‌نند. اعداد بی بعد می‌توانند
تبدیل حساب عمومی برای مسائل مورد نظر ایجاد کنند که این حساب می‌تواند برای سیستم‌های
مشکلت با پارامترهای جزئی متفاوت (برای مبحث مخزن مثلاً با k, μ, c) متفاوت
امثال می‌شود. همچنین برای افزایش یا کاهش مقیاس مورد مطالعه کاربرد دارد (برای
مثال کاربرد رینولدز)

* صفحات ۲۳، ۲۴، ۲۵ کتاب Taregh ahmad

$$Q_o = \frac{2\pi \cdot h \cdot (P_e - P_w)}{\mu \cdot B_o \cdot \ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right)} = \frac{kh (P_e - P_w)}{141.2 \mu \cdot B_o \cdot \ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right)}$$

Rearranging:

$$\frac{P_e - P_w}{\left(\frac{141.2 Q_o \cdot B_o \cdot \mu}{kh}\right)} = \ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right)$$

این بعد

متوجه می‌شویم باید بی بعد باشد

P_D dimensionless pressure

$\frac{r_e}{r_w} = r_{eD}$ → dimensionless external radius

$$P_D = \ln(r_{eD})$$

فرم بی بعد داری در حالت radial

Subject:

ص ۳۰

Year. ۹۴ Month. ۷ Date. ۱۳ ()

حال خواص معادله در برور با حالت بی بعد در آوریم

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{1}{\eta} \frac{\partial P}{\partial t}$$

Dimensionless pressure at U.S.S

$$P_D = \frac{P_i - P(r,t)}{\left(\frac{141.8 Q_o B_o \mu_o}{kh} \right)}$$

* ک در کل این دو رابطه را باید md می باشد Dimensionless time at U.S.S

$$t_D = \frac{0.1000 \times 937 kt}{\phi \mu C_t r_w^2}, \quad t_{DA} = \frac{0.1000 \times 937 kt}{\phi \mu C_t A} = t_A \left(\frac{r_w^2}{A} \right)$$

Dimensionless radius at U.S.S

$$r_D = \frac{r}{r_w}, \quad r_{eD} = \frac{r_e}{r_w}$$

P is function of r, t @ U.S.S condition

P is ~ ~ ~ r_D, t_D @ ~ ~ ~

معادله diffusibility را می توان با این اعداد بی بعد بدست آورد

$$\frac{\partial^2 P_D}{\partial r_D^2} + \frac{1}{r_D} \frac{\partial P_D}{\partial r_D} = \frac{\partial P_D}{\partial t_D}$$

* اثبات کنید و ایدیل کنید

حال باید این معادله را حل کنیم

- فرضیات
- uniform pressure @ $t=0$ $P=P_i$
 - perfectly radial system
 - product well @ center of system and producing at constant Q
 - no flow across the external radius

solution:

- 1) for infinite acting reservoir $r_{ep} = \infty$
- 2) finite radial reservoir (boundary reservoir system)

infinite acting reservoir.

* در حالت infinite فشار تنها تابع زمان است چون مخزن را بی نهایت در نظر می گیریم

و $r_e = \infty$ است به باعث می شود فشار تابع مکان نباشد. مرکز مخزن تأثیر در کل

* $P_D = f(t_D)$

حیران ندارد

$$t_D < 0.101 \rightarrow P_D = 2 \sqrt{\frac{t_D}{\pi}}$$

* معجزه تر است $t_D > 100 \quad P_D = \frac{1}{r} [\ln(t_D) + 0.18.97]$

$0.102 < t_D < 1000 \quad P_D = a_1 + a_2 \ln(t_D) + a_3 [\ln(t_D)]^2 + \dots$

practically we use this equation *

این بازه ما تقریب ریاضی می باشد چون راه حل به صورت یک بسط می باشد که داخل

آن عدد جایگذاری شود و با جایگذاری عدد P_D بدست می آید. و تفاوت در وقت این

در محاسبه است اما خطای آن کم است و راحت تر است و ما از آن ها استفاده می کنیم

امروزه با استفاده از نرم افزار سواب دقیق را با استفاده از بسط می توانیم بدست

آریم و هدف از ساده سازی این است که هدف نهایی ما به دست آوردن خصوصیات

مختص آن است که از رابطه ساده بدست می آید

* مثال ص ۲۵ شماره ۱۲-۱

finite radial reservoir:

* $P_D = f(t_D, r_D)$ در اینجا انتشار تابع شعاع (مکان) می باشد

r_D

جدول ۱-۳ کتاب طارق احمد مل شده در جدول موجود است

Subject:

۳۳ ص

Year. ۹۴ Month. ✓ Date. (۳)

امحاسبه می کنیم و از جدول P_D را بدست می آوریم t_D, r_{eD}

$$P(r, t) = P_i + \left[\frac{v_o, 1, QBM}{kh} \right] E_i \left[\frac{-94.8 \phi \mu C_1 r^2}{kt} \right]$$

$$\left(\frac{P_i - P(r, t)}{\frac{141.2 Q_o B_o h}{kh}} \right) = -\frac{1}{r} E_i \left[\frac{-(r/r_w)^2}{f \left(\frac{.1000422 kt}{\phi \mu C_1 r_w^2} \right)} \right]$$

P_D

$$\Rightarrow P_D = -\frac{1}{r} E_i \left(-\frac{r_D^2}{f t_D} \right)$$

Chatas (1953) proposed a mathematical form

$$P_D = \frac{.75 + r t_D}{r_{eD}^2 - 1} - \frac{r_{eD}^2 [r - f \ln(r_{eD})] - r t_D - 1}{f (r_{eD}^2 - 1)^2} \quad \text{finite}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{if } r_{eD} \gg 1 \quad P_D = \frac{r t_D}{r_{eD}^2} + \ln(r_{eD}) - .75 \quad \text{finite} \\ \text{if } \frac{t_D}{r_{eD}^2} > .25 \quad P_D = \frac{1}{r} \left[\ln \frac{t_D}{r_{eD}^2} + .18097 \right] \quad \text{finite} \end{array} \right.$$

معمولتر است

میان زمانی می توانیم از E_i و r_D زمانی از P_D استفاده کنیم؟

ما فقط زمانی می توانیم از P_D استفاده کنیم که در هر r و Q معلوم باشد

۹- لحاظ فیزیکی بیان ما مقدر نیست لذا P_D محدود است با مشار حله که

۵. Q را در r_2 داریم اما E_i در هر نقطه از مخزن با فشار است Q لوله

می توان فشار را به دست آورد.

★ Q چاه ثابت است اما Q نفاذ دینامیک مخزن متفاوت می باشد (۷.۵.۵)

for infinite acting reservoir $t_D > 100$

$$\Rightarrow P_D = 0.18 \left[-Ei \left(\frac{-1}{4t_D} \right) \right]$$

Subject,

ص ۳۵

Year, ۱۴ Month, ۷ Date, ۱۸ ()

$$\frac{\partial^2 P_D}{\partial r_D^2} + \frac{1}{r_D} \frac{\partial P_D}{\partial r_D} = \frac{\partial P_D}{\partial t_D}$$

It has a general solution presented in table 1.3 adv reservoir

P_D as a function of t_D for $1 < r_{eD} < \infty$.

for $t_D > r_{eD}^2$ and $t_D > .x_{eD} r_{eD}^2$ $P_D = \frac{.14 + r_{eD}^2 t_D}{r_{eD}^2 - 1}$

منتهیات را در نظر بگیرید

for $r_{eD} \gg 1 \Rightarrow P_D = \frac{r_{eD}^2 t_D}{r_{eD}^2} + \ln(r_{eD}) - .174$

for $\frac{t_D}{r_{eD}^2} > .x_{eD} \Rightarrow P_D = \frac{1}{r_{eD}^2} \left[\ln \frac{t_D}{r_{eD}^2} + .18.97 \right]$

تایید، روابط بر اساس finite acting می باشد

for infinite acting for $t > 100$.

$$P_D = \frac{1}{r_{eD}^2} \left[\ln t_D + .18.97 \right]$$

نتایج بالا حاصل حل معادله E_i می باشد و هیچ ارتباطی با E_i ندارد. تایید

این روابط مستقل می باشد

Radial flow of compressible fluids at unst. st
gas

condition:

Subject:

۳۶۰

Year. ۹۴ Month. V Date. ۱۸ ()

gas viscosity and density vary significantly with pressure

۱) gas density equation $\rho = \frac{PM}{ZRT}$

۲) gas compressibility $c_g = \frac{1}{P} - \frac{1}{Z} \frac{dZ}{dP}$

* $\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{P}{\mu Z} \frac{\partial P}{\partial r} \right) = \frac{\phi \mu c_t}{1.0 \times 10^{-4} k} \frac{P}{\mu Z} \frac{\partial P}{\partial t}$ ①

$\rightarrow m d$

$m(P)$ = pseudo pressure function

$$m(P) = \int_0^P \frac{rP}{\mu Z} dP$$

$$\frac{\partial m(P)}{\partial P} = \frac{rP}{\mu Z}$$

$$\frac{\partial m(P)}{\partial r} = \frac{\partial m(P)}{\partial P} \cdot \frac{\partial P}{\partial r} \Rightarrow \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{\mu Z}{rP} \frac{\partial m(P)}{\partial r}$$
 ②

$$\frac{\partial m(P)}{\partial t} = \frac{\partial m(P)}{\partial P} \cdot \frac{\partial P}{\partial t} \Rightarrow \frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\mu Z}{rP} \frac{\partial m(P)}{\partial t}$$
 ③

input ②, ③ in ①

$$\frac{\partial^2 m(P)}{\partial (r^2)} + \frac{1}{r} \frac{\partial m(P)}{\partial r} = \frac{\phi \mu c_t}{1.0 \times 10^{-4} k} \frac{\partial m(P)}{\partial t}$$
 diffusivity equation for gases

برای حل معادله بالا روش های مختلفی وجود دارد از جمله

- ۱) m(p) solution (exact solution) for all p
- ۲) P squared method (P) $p < 2000$
- ۳) pressure method (p average method) $p > 3000$

first solution

$$m(P_{wf}) = m(P_i) - 2\pi h q_d \left(\frac{P_{sc}}{T_{sc}} \right) \left(\frac{Q_g T}{k h} \right) \left[\log \frac{k t}{\phi \mu_i c_{ti} r_w^2} \right]$$

$\swarrow$ ۱۴,۷ $\nwarrow$ MSCF/day $\nearrow$ OR $\nearrow$ hr
 $\swarrow$ OR $\nwarrow$ md $\nearrow$ ۲,۲۳

$$m(P_{wf}) = m(P_i) - \left(\frac{1433 Q_g T}{k h} \right) \left[\log \frac{k t}{\phi \mu_i c_{ti} r_w^2} - 2,23 \right]$$

μ	z	P	$m(P)$

$m(P_{wf})$ را در مسائل پوست می آوریم و با

استفاده از جدول P را می یابیم

first solution (dimension less)

$$t_D = \frac{0.000263 k t}{\phi \mu_i c_{ti} r_w^2}$$

$$m(P_{wf}) = m(P_i) - \left(\frac{1433 Q_g T}{k h} \right) \left[\log \left(\frac{t + t_D}{\delta} \right) \right]$$

$\delta \rightarrow 1, 7, 11$

$$\psi_D = \frac{m(P_i) - m(P_{wf})}{(1433 Q_g T / k h)} \quad \text{or} \quad m(P_{wf}) = m(P_i) - \left[\frac{1433 Q_g T}{k h} \right] \psi_D$$

Subject: ۳۸ ص
Year: ۹۴ Mouth: V Date: (۸)

$$I_D > 1.0 \rightarrow \Psi_D = \frac{1}{\gamma} [\ln(I_D) + 1.109 \cdot \gamma]$$

compressible fluid unsteady condition

we have solutions:

1) $m(p)$ pseudo pressure method

$$* m(P_{wf}) = m(P_i) - \left(\frac{1433 Q_g T}{k h} \right) \left[\log \left(\frac{k t}{\phi \mu_i c_{ti} r_w^2} \right) - 3.23 \right]$$

$$m(p) = \int_0^p \frac{\gamma_p}{\mu z} dp$$

$$\Psi_D = -1.4 \left[\ln(t_D) + -1.149 - 0.7 \right], \quad \Psi_D = \frac{m(P_i) - m(P_{wf})}{(1433 Q_g T / k h)}$$

2) p^2 (pressure squared method)

$$m(P_i) - m(P_{wf}) = \frac{\gamma}{\bar{\mu} z} \int_{P_{wf}}^P p dp$$

فرض روغن دوم P^2 : برای فشارهای کمتر از ۲۰۰۰ μz با صورت خطی است

دری توان میانگین گرفت و از اشتغال خارج کرد. البته این روش ریاضی است

$$m(P_i) - m(P_{wf}) = \frac{P_i^2 - P_{wf}^2}{\bar{\mu} z}, \quad \bar{p} = \sqrt{\frac{P_i^2 + P_{wf}^2}{2}}$$

$$* P_{wf}^2 = P_i^2 - \left(\frac{1433 Q_g T \bar{\mu} z}{k h} \right) \left[\log \frac{k t}{\phi \mu_i c_{ti} r_w^2} \right]$$

$$\Psi_D = \frac{P_i^2 - P_{wf}^2}{1433 Q_g T \bar{\mu} z / k h}$$

Subject:

ص. ۴

Year. ۹۳ Month. ۷ Date. ۲۰ ()

همان معادله ای است
که ثابتی ندارد

$$P_{wf} = P_i - \left(\frac{1737 Q_o T \bar{\mu} Z}{kh} \right) \log \left(\frac{r_e + d}{r} \right) \quad \text{dimensionless}$$

در مهندسی نفت می توان فرض کرد: $\bar{\mu} Z = \mu_i Z_i$ خطای خیلی کمی ایجاد می کند

فعلاً در اینجا فشار چاه را بدست می آوریم که در آنجا $\mu < \mu_i$ می باشد اگر بخواهیم

در r_e مختلف فشار را داشته باشیم باید اول چک کنیم اگر $\mu < \mu_i$ از روش بالا می توانیم

استفاده کنیم اگر $\mu > \mu_i$ از روش عمومی E_i استفاده می کنیم.

Example 1.14 (page 28 Advance reservoir engineering)

A gas well at constant $Q = 7.4 \times 10^6 \text{ MSCF/D}$

$$k = 40 \text{ md}$$

$$h = 10 \text{ ft}$$

$$\phi = 20\%$$

$$P_i = 1200 \text{ psi}$$

$$T = 600^\circ \text{R}$$

$$r_{we} = 0.13 \text{ ft}$$

$$C_t = 6.25 \times 10^{-4}$$

P	μ_g	Z	$m(P)$
•	• 0.127	1	•
400	• 0.1212	• 0.937	132×10^6
800	• 0.129	• 0.882	22×10^6
1200	• 0.123	• 0.832	118×10^6
1600	• 0.128	• 0.794	191×10^6

calculate bottom hole pressure after 4 hours

by using:

a) m(p) method:

b) p^* method

a)

$$t_D = \frac{0.1000 \times 264 \times 10^{-4} \times 1.32}{0.2 \times 0.148 \times 72 \times 10^{-4} \times 0.32} = 27936d, 1$$

معمولاً یک عدد بزرگتر است

باعث وجود $(+)$ (تراکم، بذیری) و r_w

$$\text{if } t_D > 100 \Rightarrow \psi_D = \frac{1}{\gamma} [\ln(t_D) + 0.18907] = 4.674$$

همیشه بزرگتر است زمانی که P_{wf} را نخواهیم محاسبه کنیم یا در

محدود well bore از رابطه استفاده کنیم

$$m(P_{wf}) = m(P_i) - \left(\frac{1422 Q_{gr} \psi_D}{kh} \right) \Rightarrow m(P_{wf}) = 191 \times 10^4 \text{ (psi)}^2$$

$$= 113.1 \times 10^4 \Rightarrow P(wf) = 1200 \text{ psi}$$

آنها نخواهیم از فرض $Z = \mu_i Z_i$ استفاده کنیم باید یک P_{wf} را در نظر بگیریم

$\bar{P}$ ، ابدست می آوریم و μZ را بدست می آوریم و با استفاده از رابطه P_{wf} را

به دست می آوریم با استفاده از جدول و خطا باید P_{wf} برابر با P_{wf} فرضی P_{wf}

آئر $m(p)$ را از جدول نداشته باشیم، برای مثال از ۴۰۰ مثال قبل می‌خواهیم

$m(p)$ را بدست آوریم

$$m(400) = \gamma \int_0^{400} \left[\left(\frac{p}{\mu Z} \right) + \left(\frac{p}{\mu Z} \right)_{400} \right] (400 - p) dp$$

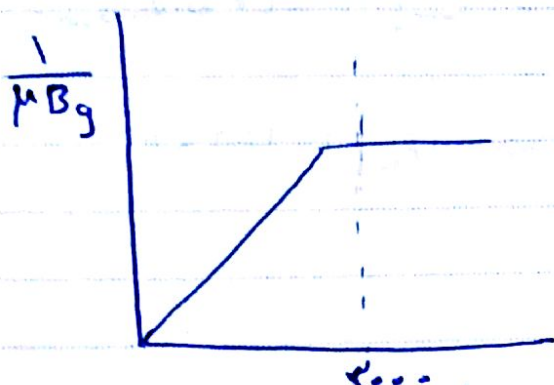
$$m(100) = m(400) + \gamma \int_{400}^{100} \left[\left(\frac{p}{\mu Z} \right)_{400} + \left(\frac{p}{\mu Z} \right)_{100} \right] (100 - p) dp$$

well test John Lee $\rightarrow$ ۱۵

قریباً $E(x-n)$ تبدیل $\log$ شده باشد می‌توانیم $t_D > 100$ است

۳) p approximation method

p average method for $p > 3000$



$$B_g = 0.000101 \cdot 5.9 \left(\frac{ZT}{p} \right)$$

$$\frac{p}{Z} = \left(\frac{TP_{sc}}{a \gamma \mu T_{sc}} \right) \left(\frac{1}{B_g} \right)$$

$$m(p_i) - m(p_{wf}) = \int_{p_{wf}}^{p_i} \frac{\gamma p}{\mu Z} dp = \frac{\gamma TP_{sc}}{a \gamma \mu T_{sc}} \int_{p_{wf}}^{p_i} \frac{1}{\mu B_g} dp \xrightarrow{\uparrow}$$

for $p > 3000$ $\frac{1}{\mu B_g}$ in nearly c_t

Subject: ETC
 Year: 9th Month: V Date: 20 ()

$$m(P_i) - m(P_{wf}) = \frac{\gamma T P_{sc}}{2.191 \times 10^{-4} T_{sc} P_{Bg}} (P_i - P_{wf})$$

$$P_{wf} = P_i - \frac{141.8 \times 10^6 Q_g \bar{\mu} \bar{B}_g}{kh} \left[\log \frac{kt}{\phi \mu c_{ti} r_w^2} - 3.23 \right]$$

$$\Rightarrow P_{wf} = P_i - \frac{141.8 \times 10^6 Q_g \bar{\mu} \bar{B}_g}{kh} \log \left(\frac{t t_D}{8} \right)$$

$$\Rightarrow P_{wf} = P_i - \left(\frac{141.8 \times 10^6 Q_g \bar{\mu} \bar{B}_g}{kh} \right) P_D$$

$$P_D = \frac{1}{\gamma} [\ln(t_D) + 1.159] \text{ for } t_D > 100$$

P_D method

حل المسألة

$$\psi_D = 4.975$$

$$P_{wf}^* = P_i - \left(\frac{141.8 Q_g \mu_z T}{kh} \right) \psi_D$$

$$P_{wf}^* = 142.7491 \Rightarrow P_{wf} = 1194 \text{ psi}$$

$$\text{error} = \frac{1200 - 1194}{1200} = 0.5\%$$

صحة الت. طريق اسد

ف. ١٢٣٣.

میدونکته برابری مطالب گذشته:

1. افت فشار در اطراف چاه و فشار میانی مخزن در شرایط پایا (steady state)

$$Q_o = \frac{0.1007 \times 0.8 \text{ kh} (P_e - P_w)}{\mu_o \beta_o \ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right)}$$

تبدیل از معادلات مسئله $\Rightarrow \pi r_e^2 = A \rightarrow \text{drainage area}$

$$r_e = \sqrt{\frac{7040 \cdot A}{\pi}} \rightarrow \text{ft}^2 \text{ acres تبدیل}$$

$$A_w = A_T \left(\frac{q_w}{q_t} \right)$$

محققین نشان دادند:

نوعی محاسبه A_w (مساحت تخلیه چاه)

؟ طول کلی محاسبه r_e و r_w با خطا مواج هست اما چون به صورت $\ln$ در معادله

وارد شده اند از خطای ناشی از عدم محاسبه درست آنها کاسته می شود



$$P = P_{wf} + \frac{Q_o \beta_o \mu_o}{0.1007 \times 0.8 \text{ kh}} \ln\left(\frac{r}{r_w}\right)$$

فشار در هر نقطه از مخزن در بریان S.S و شعاعی



معدل قرارگیری و

Subject: FAU
 Year: 9th Month: V Date: 27

Example: An oil well is producing at 600 STBD at stabilized flow rate of 2, LWD BHP of 1800 psi. pay zone permeability of 120 md and steady state thickness of 25 ft. The well drains an area of 40 acres other data are as follow

$$r_w = .125 \text{ ft} \quad M_o = 2.0 \text{ cP} \quad B_o = 1.25 \frac{\text{bbl}}{\text{STB}}$$

calculate the pressure profile and list the pressure drop across 1 ft interval for r_w to 1.25 ft (1 to 1.25 ft, 1.25 to 1.5 ft, 1.5 to 1.75 ft, 1.75 to 2 ft, 2 to 2.5 ft, 2.5 to 3 ft, 3 to 3.75 ft, 3.75 to 4 ft)

$$p = 1800 + \frac{r_w \times 1.25 \times 2.0}{.125 \times 1.25 \times 2.0} \ln\left(\frac{r}{r_w}\right)$$

r (ft)	p (psi)	radius interval	pressure drop (psi)
.125	1800	.125 - 1.25	145
1.25	1945		
1.5	1955	1.5 - 2	19
2	1965		
2.5	1975	2.5 - 3	19
3	1985		
3.75	1995	3.75 - 4	19
4	2000		
4.75	2005	4.75 - 5	19
5	2010		
5.75	2015	5.75 - 6	19
6	2020		
6.75	2025	6.75 - 7	19
7	2030		
7.75	2035	7.75 - 8	19
8	2040		
8.75	2045	8.75 - 9	19
9	2050		
9.75	2055	9.75 - 10	19
10	2060		
10.75	2065	10.75 - 11	19
11	2070		
11.75	2075	11.75 - 12	19
12	2080		
12.75	2085	12.75 - 13	19
13	2090		
13.75	2095	13.75 - 14	19
14	2100		
14.75	2105	14.75 - 15	19
15	2110		
15.75	2115	15.75 - 16	19
16	2120		
16.75	2125	16.75 - 17	19
17	2130		
17.75	2135	17.75 - 18	19
18	2140		
18.75	2145	18.75 - 19	19
19	2150		
19.75	2155	19.75 - 20	19
20	2160		
20.75	2165	20.75 - 21	19
21	2170		
21.75	2175	21.75 - 22	19
22	2180		
22.75	2185	22.75 - 23	19
23	2190		
23.75	2195	23.75 - 24	19
24	2200		
24.75	2205	24.75 - 25	19
25	2210		

فاصله ای است مثل ما با drain age area طبقه ای مستقیم دارد و

افزایش drain age area است فشار می تواند زیاد شود

وقتی اردنسیلوریتیه صرف می بینیم در مخزن و در شرایط مخزن صرف می بینیم

در شرایط مخزن با علامه می هستیم تا مثل متوسط را اندازه بگیریم و با آن کار کنیم

مبانی فشار در material balance داخل مخزن فشار متوسط می باشد

محققین با روش های عددی یا تحلیلی مختلف فشار میابن و در شرایط مختلف فرمول

کرده اند. دریا مانند برای شرایط St. St. فشار میابن در ۰.۲۱ واقع شده است

$$P_r = P_w + \frac{Q_o B_o \mu_o}{100 \cdot 7.08 kh} \ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right)$$

$$P_r = P_w + \frac{Q_o B_o \mu_o}{100 \cdot 7.08 kh} \left[\ln \frac{r_e}{r_w} - 0.75 \right]$$

$$Q_o = \frac{100 \cdot 7.08 kh}{\mu_o B_o \left[\ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right) - 0.75 \right]}$$

* محاسبه ۰.۲۱

Horizontal multiphase flow:

relative permeability

$$Q_o = 100 \cdot 7.08 (kh) (k_{ro}) (P_e - P_{wf})$$

$$\mu_o B_o \ln \frac{r_e}{r_w}$$

PRPCO

$$Q_w = \frac{100 \gamma_o A (k_h) (k_{rw}) (P_e - P_{wf})}{\mu_w B_w \ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right)}$$

$$Q_g = \frac{k_h (k_{rg}) (\gamma_e - \gamma_w)}{1 + \gamma_e T \ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right)} \quad \text{form 1}$$

$$Q_g = \frac{k_h (k_{rg}) (P_e^* - P_{wf}^*)}{1 + \gamma_e (P_g Z)_{avg} T \ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right)} \quad \text{form 2}$$

$$WOR \text{ (Water - oil Ratio)} = \frac{Q_w}{Q_o} = \left(\frac{k_{rw}}{k_{ro}}\right) \left(\frac{\mu_o B_o}{\mu_w B_w}\right)$$

منظور از آب - آ - به هرلول درخت نیست بلکه آبی است که از کانال ما در aquifer

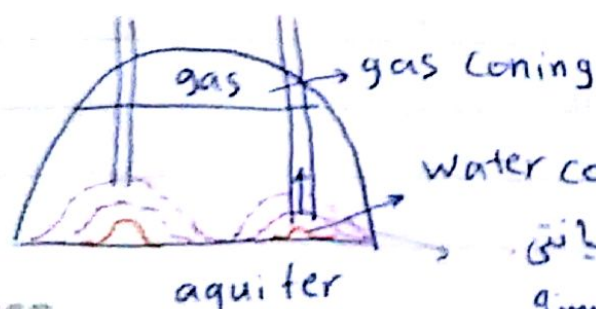
و دلیل برداشت دارد است و درخت شده است و آب بالاس آید

در تولید بادی کنترل شده باشد چون در غیر این صورت برداشت دارد است و متحرک

بیشتر آب - آب ناگهانی و بیش از مقدار منظور دارد oil zone می شود و اگر آبها

برسد می توانند به چاه آبی شده است . با ورود هر سیال متحرک بپذیر چاه سیال

حجم خود را افزایش می دهد تا به یک حالت stabilize برسد در این حالت



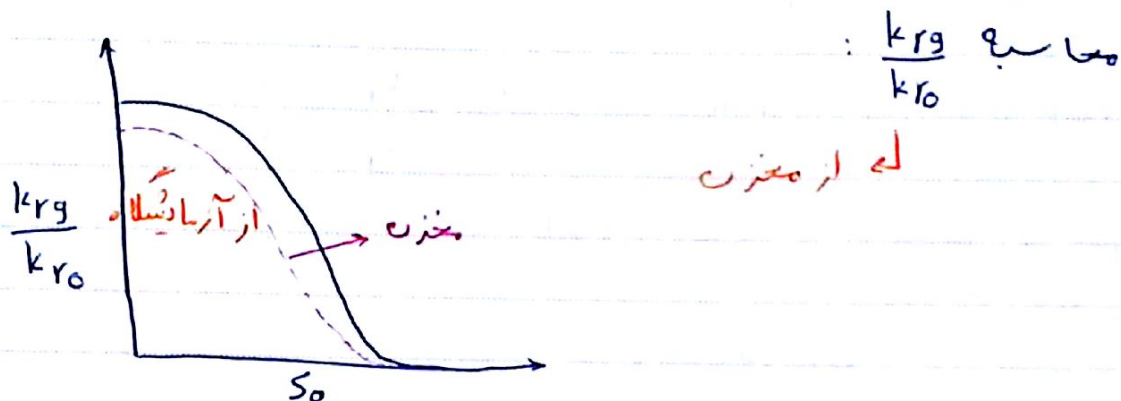
Water coning می گویند

water coning

دبی کنترل شده - دبی میانی
 دبی سینه

آب بدست آمده شور است و به دلایل محیط زیستی نمی توان در دریا ریخت
 بنابراین چاه می زنند به نام disposal well اطراف مخزن و آب تولیدی را
 به اعماق زمین می فرستند

یکی از راه های محاسبه $\frac{k_{rw}}{k_{ro}}$ در مخزن



مخزن در آزمایشگاه مقایسه می شود و بر این آئینده مخزن پیش بینی می یابی
 انعام می شود

solution gas
↑

$$GOR = \frac{Q_g}{Q_o} = \frac{Q_o R_s + Q_g}{Q_o} = R_s + \frac{Q_g}{Q_o}$$
↑ free gas

$$GOR = R_s + \left(\frac{k_{rg}}{k_{ro}} \right) \left(\frac{M_o B_o}{M_g B_g} \right)$$

for under saturated reservoir: گد فاز می باشد

$$GOR = R_s$$

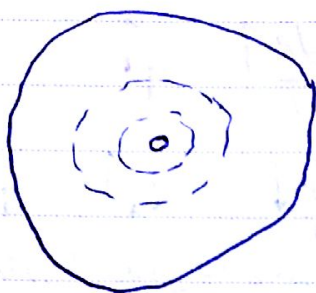
pseudo steady state

همه ی مخازن دوره ی transient را می گذرانند

بعثت ما در اینجا بر اساس این است که موج به استای مخزن رسیده باشد

اگر موج به مخزن نرسد حالت infinite می شود که از روابط transient استفاده

می کنیم



* ۱. Transient flow (unsteady state flow) infinite acting

* ۲. late transient flow (for non-symmenthic reservoir)



* ۳. pseudo steady state

یا

* ۴. steady state (in presence of pressure support) **aquifer**
 ثابت
 خاص

اگر مخزن متقارن باشد، ۳ اتفاق می افتد

در حالت pseudo شیب افت فشار باید ثابت می ماند
 $\left(\frac{\partial p}{\partial t}\right)_r = 0$

زمانی که یک مخزن شروع به تولید می کند معمولاً در بالای فشار، Bubble point قرار دارد در این صورت تولید نفت صرفاً بر اساس expansion یا انبساط می باشد

$$C = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dP}$$

می باشد

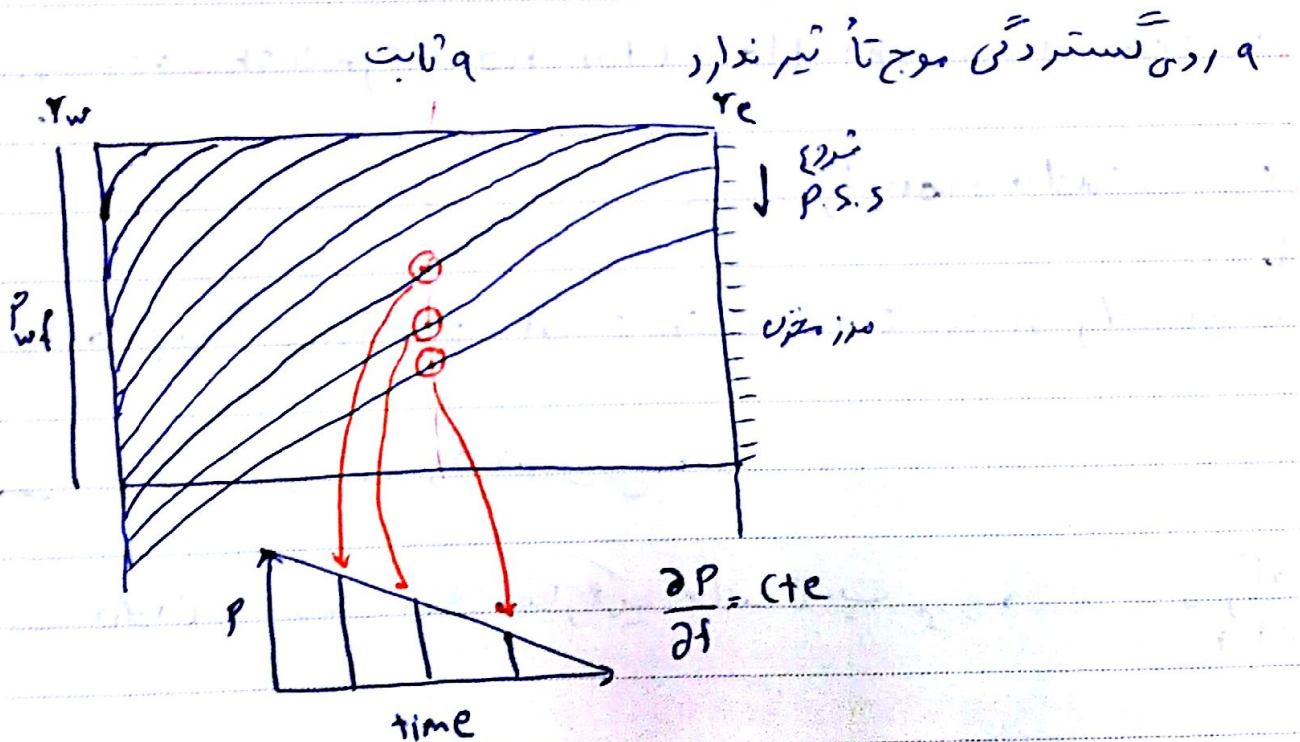
$$CV \frac{dP}{dt} = -\frac{dV}{dt} = -q \Rightarrow \frac{dP}{dt} = -\frac{q}{CV} \xrightarrow[\text{of hour and } Q_0]{\text{interms}} \frac{dP}{dt} = -\frac{Q_0 B_0}{V + CV}$$

if $V = \frac{\pi r_e^2 h \phi}{2.1414} \Rightarrow \frac{dP}{dt} = \frac{-1.44 q}{C_+ A h \phi}$ ثابت $\frac{dP}{dt} \uparrow \quad q \uparrow$

pore volume $\frac{dP}{dt} \downarrow \quad C_+ \uparrow \quad p.v. \uparrow$

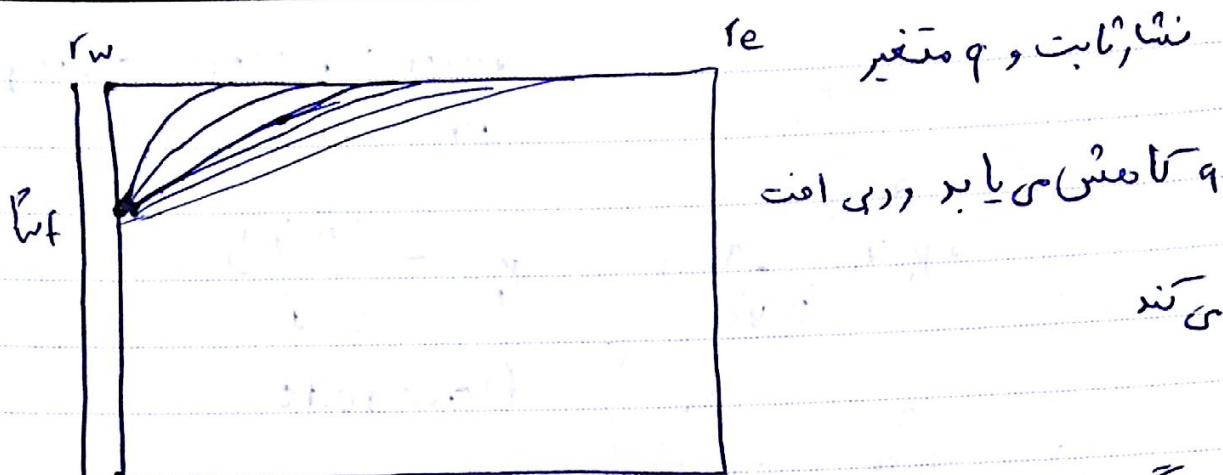
C_+ را در بازه ای که مخزن را مطالعه می کنیم تقریباً ثابت در نظر می گیریم.

خرجه q بیشتر شیب افت فشار بیشتر می شود



Subject :

Year. ۹۴ Month. ۸ Date. ۹ ()



میانگین فشار هم با نرخ ثابتی افت می کند. بعد از رسیدن امواج به مخزن به دست آوردن فشار کمتر نقطه کار بردی نیست، از فشار متوسط به عنوان فشار مخزن استفاده می کنیم.

هر چه C_t بیشتر افت فشار را با expansion جبران می کنند و شبیه افت فشار

کمتر می شود مایع گاز $C_t = 10^{-2}$ $C_t = 10^{-3}$ و ثابت

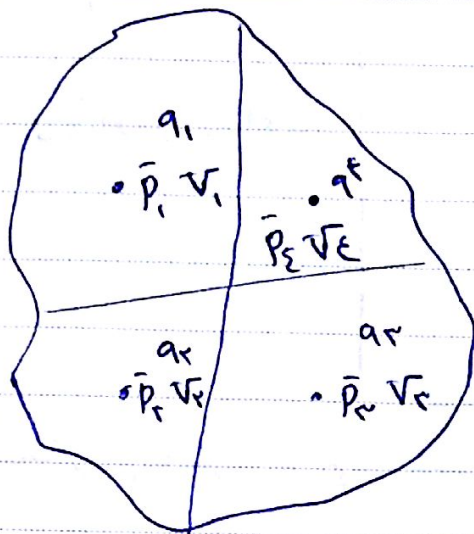
علاوه بر تولید بخشی از expansion افت فشار را جبران می کنند

$$\bar{P} = P_i - \left(\frac{0.183 \left(\frac{Q_o B_o}{C_t P V} \right) t}{C_t P V} \right) \quad Q_o t = N_p \rightarrow \text{کاهش تولیدی cumulative oil prod.}$$

$$\bar{P} = P_i - \left(\frac{0.183 B_o N_p}{C_t (P V)} \right)$$

Subject:

Year. 9th Month. 1 Date. 9 ()



volume metric average
pressure

$$\bar{p}_r = \frac{\sum (\bar{p} V)_i}{\sum V_i}$$

flow rate

$$\bar{p} = \frac{\sum (\bar{p} q)_i}{\sum q_i}$$

$$\bar{p}_r = \frac{\sum (\bar{p} q)_i / (\partial \bar{p} / \partial t)_i}{\sum \left(\frac{q_i}{(d\bar{p}/dt)} \right)}$$

total underground fluid withdrawal

$$\bar{p}_r = \frac{\sum \bar{p}_i (\Delta F)_i / \Delta \bar{p}_i}{\sum \left(\frac{\Delta F_i}{\Delta \bar{p}_i} \right)}$$

$$F_t = \int_0^t [Q_o B_o + Q_w B_w + (Q_g - Q_o R_s - Q_w R_{sw}) B_g] dt$$

$$F_{t+\Delta t} = \int_0^{t+\Delta t} [Q_o B_o + Q_w B_w + (Q_g - Q_o R_s - Q_w R_{sw}) B_g] dt$$

$$\Delta F = F_{t+\Delta t} - F_t$$

ملا میرا تو یہ سیال قدر، فاصلہ ۳ تا ۶ مہ

Subject:

Year 95 Month 8 Date 9

$$P_{ave} = \frac{\int p dr}{\int dr} = \frac{\int p r dr}{\int r dr} = \frac{\int p r dr}{\frac{1}{2}(r_e^2 - r_w^2)}$$

$$P_{ave} = \frac{2}{r_e^2} \int_{r_w}^{r_e} p r dr$$

در مثال $r_e^2 \approx 0$

با جایگذاری این رابطه در رابطه با فشار متوسط

$$P = P_w + \frac{q B \mu}{k h \cdot v_{i.o.l}} \ln\left(\frac{r}{r_w}\right)$$

برای incompressible در حالت steady state، رابطه متوسط

$$\bar{P}_{ave} = \frac{2}{r_e^2} \int_{r_w}^{r_e} p r dr = \frac{2}{r_e^2} \int_{r_w}^{r_e} \left(P_w + \frac{q B \mu}{k h \cdot v_{i.o.l}} \ln\left(\frac{r}{r_w}\right) \right) r dr$$

$$\bar{P}_{ave} = \frac{2}{r_e^2} \left[\int_{r_w}^{r_e} P_w r dr + \int_{r_w}^{r_e} \frac{q B \mu}{k h \cdot v_{i.o.l}} \ln\left(\frac{r}{r_w}\right) r dr \right]$$

استفاده از گویس جبر

$$P_{ave} = P_w + \frac{q B \mu}{k h \cdot v_{i.o.l}} \left[\ln \frac{r_e}{r_w} - \frac{1}{2} \right]$$

$\ln \frac{r_e}{r_w}$

که بحث ریاضی می باشد

Radial flow of slightly compressible fluid at p.s.s

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{\phi \mu C_t}{1000 \times 2.44 \times k} \frac{\partial P}{\partial t}$$

from previous recalling $\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{1.43 \times 10^{-4} q}{\phi C_t A h}$

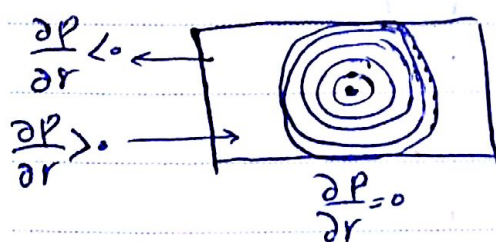
$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{\phi \mu C_t}{1000 \times 2.44 \times k} \times \frac{1.43 \times 10^{-4} q}{\phi A h C_t} \Rightarrow \frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial r} = - \frac{1.1 \times 10^{-4} q \mu}{\pi r_e^2 h k}$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \frac{\partial P}{\partial r}) = - \frac{1.1 \times 10^{-4} q \mu}{\pi r_e^2 h k}$$

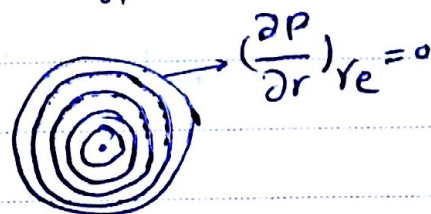
$$\int r \frac{\partial P}{\partial r} = - \frac{1.1 \times 10^{-4} q \mu}{\pi r_e^2 h k} (r^2/2) + C_1 \Rightarrow C_1 = \frac{1.41 \times 10^{-4} q \mu}{\pi h k}$$

for no-flow boundary problem we have $\frac{\partial P}{\partial r} = 0 @ r_e$

$$\frac{\partial P}{\partial r} = \frac{1.41 \times 10^{-4} q \mu}{k h} \left(\frac{1}{r} - \frac{r}{r_e^2} \right)$$



گماریان فشار، بر اثر نیروی خارجی صفر است
closed boundary



$$\int_{P_{wf}}^{P_i} dP = \frac{1.41 \times 10^{-4} q \mu}{k h} \int_{r_w}^{r_e} \left(\frac{1}{r} - \frac{r}{r_e^2} \right) dr$$

$$\checkmark (P_i - P_{wf}) = \frac{141.8 q \mu}{k h} \left[\ln \frac{r_e}{r_w} - \frac{1}{2} \left(\frac{r_e^2 - r_w^2}{r_e^2} \right) \right], \left(\frac{r_w^2}{r_e^2} \right) \ll 1$$

$$\checkmark Q = \frac{.100 v_o \lambda k h (P_i - P_{wf})}{\mu B \left[\ln \frac{r_e}{r_w} - \frac{1}{2} \right]}$$

for general p: $\int_{P_{wf}}^P dp = \frac{141.8 q \mu}{k h} \int_{r_w}^r \left(\frac{1}{r} - \frac{r}{r_e^2} \right) dr$

$$P = P_{wf} + \frac{q \mu B}{.100 v_o \lambda k h} \left[\ln \frac{r}{r_w} - \frac{1}{2} \left(\frac{r}{r_e} \right)^2 \right]$$

$$P_{ave} = \frac{r}{r_e^2} \int_{r_w}^{r_e} p r dr = \frac{r}{r_e^2}$$

★ for steady state incompressible flow ★

$$q = \frac{v_o \lambda k h}{\mu} \frac{P - P_{wf}}{\ln \frac{r}{r_w}} \quad P = P_{wf} + \frac{q \mu}{v_o \lambda k h} \ln \frac{r}{r_w} \quad \ln \left(\frac{.41 r_e}{r_w} \right)$$

$$\rightarrow \bar{P} = \frac{r}{r_e^2} \int p r dr \rightarrow \bar{P} = P_{wf} + \frac{q \mu}{v_o \lambda k h} \left[\ln \frac{r_o}{r_w} - \frac{1}{2} \right]$$

$$P_{ave} = \frac{r}{r_e^2} \int_{r_w}^{r_e} \left[P_{wf} + \frac{q \mu B}{.100 v_o \lambda k h} \left[\ln \frac{r}{r_w} - \frac{1}{2} \left(\frac{r}{r_e} \right)^2 \right] \right] r dr$$

$\ln \left(\frac{.41 r_e}{r_w} \right)$

استدلال نوری
حزب و جز

$$\bar{P} = P_{wf} + \frac{141.8 Q \mu B}{k h} \left[\ln \frac{r_e}{r_w} - \frac{1}{2} \right]$$

در این حالت متوسط در $.41 r_e$ است

صفحه ۳۴ کتاب طارق احمد

روابطی برای شکل های مختلف

$$P_{wf} = \bar{P} - \frac{141.6 Q B \mu}{k h} \log \left(\frac{r_e r_{DA} A}{C_A r_w^2} \right)$$

در P.S.S این که شکل مخزن برای ما مهم است

Table shape factor

ستون چهارم ستون سوم ستون دوم ستون اول

$$\bar{P} = P_i - \frac{141.6 Q B \mu}{C_A A h \phi} \rightarrow \frac{\partial P}{\partial t} = \frac{-141.6 Q B \mu}{C_A A h \phi}$$

$$P_{wf} = \left(P_i - \frac{141.6 Q B \mu}{C_A A h \phi} \right) - \frac{141.6 Q B \mu}{k h} \log \frac{r_e r_{DA} A}{C_A r_w^2}$$

$$\Rightarrow P_{wf} = \left[P_i - \frac{141.6 Q B \mu}{k h} \log \left(\frac{r_e r_{DA} A}{C_A r_w^2} \right) - \frac{141.6 Q B \mu}{C_A A h \phi} \right] +$$

$$P_{wf} = a_{P.S.S} + m_{P.S.S} t$$

$$\rightarrow \frac{141.6 Q B \mu}{C_A P.V.}$$

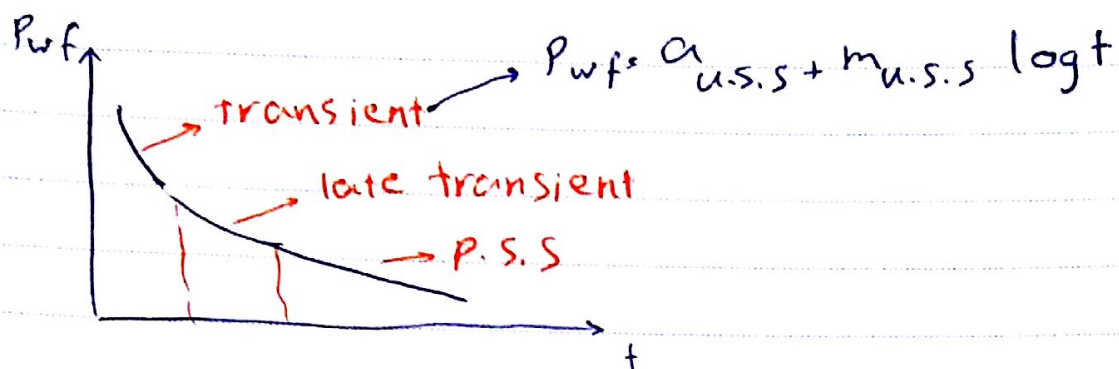
pore volume

با این مقدار + P_{wf} می توانیم pore volume را محاسبه کنیم چون فشار به نسبت

زمان را داریم

Subject

Date 9/11/11



$$h = r_0 + 1 \quad \mu = 1, dcp \quad r_w = r_0 + 1$$

1) calculate the pressure decline Rate

*) calculate the $\bar{P}_r$ chang from t_1 to t_2 hours

$$P_{wf} = \left(P_i - \frac{1.754 Q B}{A h \phi C_t} \right) - \frac{193.9 Q B \mu}{k h} \log \left(\frac{r_{e d A}}{C A r_w} \right)$$

۱.۴ دست می آید با توجه به شکل مسئله داده شده مغز

$$P_{wf} = f_d \cdot \frac{\partial P}{\partial t} - (1 + \psi) t - \epsilon_1 \vee \epsilon_2 \log(\dots)$$

$$\frac{dP}{dt} = - \frac{1 \times 10^6 \text{ QB}}{C + A h \phi}$$

آمار تغییرات فشار از زمان P.S.S محاسبه شود.

تغییرات زمان مع باید در محدوده p, s, B باشد
تغییرات فضا باید با تغییرات زمان متناسب باشد

نکته: $Bounded$ یکی است و روش حل آن ها متفاوت است

Subject:

Year. Month. Date. ()

$$\text{decline rate} = \frac{\partial P}{\partial t} = \frac{.234 QB}{Ah \phi C_f}$$

باسخ مثبت اول

$$\Delta \bar{P}_r = \frac{\partial P}{\partial t} \times \Delta t = \frac{.234 QB \Delta t}{Ah \phi C_f} = 27.17 \text{ PSI}$$

L 19.

علت نوشتن P_i این است که در هنگام رسیدن به حالت PS.S هنوز یک جابجایی هست

و P_i است ولی بعد از رسیدن به تمام سرزها دیگر P_i نخواهیم داشت

$$Q = \frac{kh(\bar{p} - P_{wf})}{141.2 B \mu \log\left(\frac{.234 \Delta A}{C_A r_w^2}\right)}$$

prove it if you can!

pseudo steady state equation in term of dimensionless numbers

$$P_D = 2\pi t_{DA} + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{.234 \Delta A}{C_A r_w^2}\right) + s$$

skin factor

$$t_{DA} = \frac{.1000 \times 264 kt}{\phi \mu C_f A} = \frac{t_A}{\text{or } t_D} \left(\frac{r_w^2}{A}\right)$$

خصوصیات جریان در روابط PS.S

اگر $\log P_D$ بر حسب $\log t_{DA}$ خطیاست با شیب ثابت 1 و عرض از مبدا 2π

$$\frac{\partial P_D}{\partial t_{DA}} = 2\pi \quad \log P_D = \log(2\pi) + \log(t_{DA})$$

Subject,

Year,

Month,

Date,

()

Radial flow compressible gas fluid at p.s.s

$$\frac{\partial^2 m(p)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial m(p)}{\partial r} = \frac{\phi \mu C_g}{1.00 \times 94 k} \frac{\partial m(p)}{\partial t}$$

$$\frac{\partial m(p)}{\partial t} = \text{cte}$$

$$1) Q_g = \frac{kh [m(\bar{p}_r) - m(p_{wf})]}{141.2 T [\ln(\frac{r_e}{r_w}) - .75]} \quad m(p) \text{ solution}$$

2) pressure square method.

$$Q_g = \frac{kh (\bar{p}_r^2 - p_{wf}^2)}{141.2 \bar{\mu} \bar{z} [\ln(\frac{r_e}{r_w}) - .75]}$$

3) pressure - average method

$$Q_g = \frac{kh (\bar{p}_r - p_{wf})}{141.2 \bar{\mu} \bar{B}_g [\ln \frac{r_e}{r_w} - .75]}$$

$$B_g = 1.00 d. \frac{\bar{z} T}{\bar{p}}$$

تساوی فشارات ظاهر شدن ۰.۷۵ است و ۰.۷۵ ظاهر P است

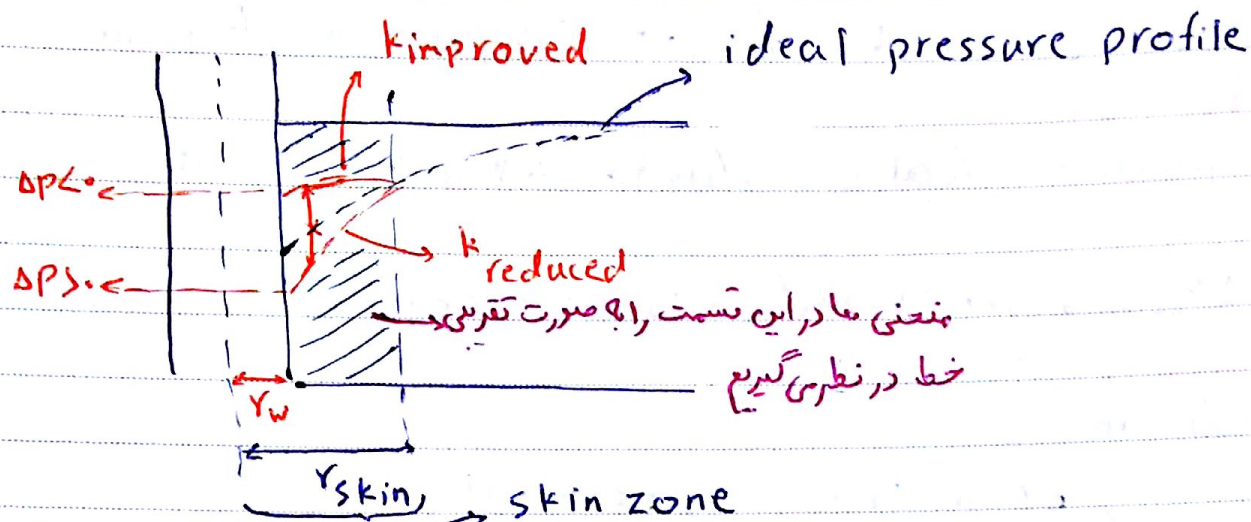
میان ترم تا اینجا صفحه ۳۶ کتاب طارق احمد تاراد skin factor

Subject,

Year. ۹۴ Month. ۸ Date. ۱۸ ()

Skin factor

ضریب پوسته



during drilling, completion and workover

mud filtrates, cement slurry or clay particules enter the formation and **reduced permeability** near wellbore (**wellbore damage**)

some wells are stimulated or hydraulically fractured to improve it's productivity **increase permeability**

at skin zone we may have three situation:

- 1) $\Delta P_{skin} > 0$ which indicates additional pressure drop
 $k_{skin} < k, S > 0$

Subject,

Year, Month, Date, ()

in compare to ideal case because of wellbore damage

2) $\Delta P_{skin} < 0$ which indicate less pressure drop in
 $k_{skin} > k, S < 0$
compare to ideal case due to well improvement

3) $\Delta P_{skin} = 0$ which indicates no change in wellbore
 $k_{skin} = k, S = 0$
condition.

$$\Delta P_{skin} = \left(\begin{array}{c} \Delta P \text{ in skin} \\ \text{zone due to} \\ k_{skin} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \Delta P \text{ in skin} \\ \text{zone due to} \\ k \end{array} \right)$$

assumed, pressure drop across the skin zone can be approximated by darcy's equation

$$\Delta P_{skin} = \frac{Q_o B_o \mu_o}{100 V_o \lambda h k_{skin}} \ln \left(\frac{r_{skin}}{r_w} \right) - \frac{Q_o B_o \mu_o}{100 V_o \lambda h k} \ln \left(\frac{r_{skin}}{r_w} \right)$$

$$\Delta P_{skin} = \frac{Q_o B_o \mu_o}{100 V_o \lambda h k} \left[\frac{k}{k_{skin}} - 1 \right] \ln \left(\frac{r_{skin}}{r_w} \right)$$

$$\Delta P_{skin} = 141.2 \frac{Q_o B_o \mu_o}{k h} S$$

در اطراف چاه که امتداد بیشتر است در ناحیه ۸ علت کارهایی که انجام می دهیم

تراوایی دست خورده می شود که با این محدود شده skin zone می گویند

Subject:

Year: Month: Date: ()

نمودار امت فشار در این ناحیه بالاتر یا پایین تر از حالت ایده آل قرار می گیرد

$$\Delta P_{actual} = \Delta P_{ideal} + \Delta P_{skin}$$

اگر ΔP_{skin} زمانی اتفاق می افتد که سیاه آ سیب دیده و امت فشار افزایش می یابد

تکالیف

۱. permeability در این ناحیه کمی بیشتر و یا کمتر است و اکثر مواقع با کمتر شدن کاربرد داریم

$$\Delta P_{actual} = \Delta P_{ideal} + \Delta P_{skin}$$

از اول تا آخر مخزن

۲. اگر در skin zone بخواهیم در نظر می گیریم

۳. جریان $unst. st$ از چندین جریان $st. st$ تشکیل شده که اگر از $unst. st$

ایمان بگیریم $st. st$ می بینیم

$$\Delta P_{skin} = 141.2 \frac{Q_o B_o \mu}{kh} S = -1.87 |m| S$$

$$\log \Delta P = m \log \Delta t + C$$

$$141.2 \frac{Q_o B_o \mu}{kh}$$

تمامی روابط تا اینجا (اینجا) بر اساس حالت ideal بوده که همه آنها را با توجه به

Subject,

Year,

Month,

Date,

()

skinzone اصلاح می کنیم

آپر $\Delta P_{skin} < 0$ باشد به نفع مایه باشد که از stimulated or hydraulic fracture

ناشی می شود که باعث ایستار شکاف مصنوعی در اطراف چاه می شود و کاهش

در مخازن کربناته tight

می آید اما این کار همیشه درست انجام نمی شود و یا تأثیر آن بسیار کم است اما

well damage خیلی اتفاق می افتد

اصلاح روابط با توجه به skin factor

$$\Delta P_{actual} = \Delta P_{ideal} + \Delta P_{skin} \quad \text{از فرمول}$$

که ΔP_{skin} برای همگی حالات از رابطی صغیر قبل استفاده می شود اما ΔP_{ideal}

مربوط به یک حالت خاص برای هر حالت منحصر به فرد است

Steady state radial flow

$$(P_i - P_{wf})_{actual} = \frac{Q_o B_o \mu_o}{0.100708 kh} \ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right) + \frac{Q_o B_o \mu_o}{0.100708 kh} s$$

$$(P_i - P_{wf})_{actual} = \frac{Q_o B_o \mu_o \left[\ln \frac{r_e}{r_w} + s \right]}{0.100708 kh}$$

$$Q_o = \frac{0.100708 kh (P_i - P_{wf})}{\mu_o B_o \left[\ln \frac{r_e}{r_w} + s \right]}$$

Subject :

Year . Month . Date . ()

unsteady state radial flow

$$P_i - P_{wf} = 141.9 \frac{Q_o B_o \mu_o}{kh} \left[\log \frac{kt}{\phi \mu C_r r_w^2} - \gamma, \gamma \right] + 141.9 \frac{Q_o B_o \mu_o}{kh} s$$

$$P_i - P_{wf} = 141.9 \frac{Q_o B_o \mu_o}{kh} \left[\log \frac{kt}{\phi \mu C_r r_w^2} - \gamma, \gamma + 1.15 s \right]$$

unsteady state compressible

$$m(P_i) - m(P_{wf}) = \frac{141.9 Q_g T}{kh} \left[\log \frac{kt}{\phi \mu C_r r_w^2} - \gamma, \gamma + 1.15 s \right]$$

$$P_i^x - P_{wf}^x = \frac{141.9 Q_g T \bar{z} \bar{\mu}}{kh} \left[\log \frac{kt}{\phi \mu C_r r_w^2} - \gamma, \gamma + 1.15 s \right]$$

pseudo steady state flow slightly compressible

$$Q_o = \frac{1.107 \times 10^{-3} (\bar{P}_r - P_{wf})}{\mu_o B_o \left[\ln \frac{r_e}{r_w} - \gamma, \gamma + s \right]}$$

for compressible fluid

$$Q_g = \frac{kh [m(\bar{P}_r) - m(P_{wf})]}{141.9 T \left[\ln \frac{r_e}{r_w} - \gamma, \gamma + s \right]}$$

$$Q_g = \frac{kh (P_i^x - P_{wf}^x)}{141.9 \bar{\mu} \bar{z} T \left[\ln \frac{r_e}{r_w} - \gamma, \gamma + s \right]}$$

Subject .

Year . Month . Date . ()

$$\star r_{wa} = r_w e^{-s}$$

↪ effective or apparent well bore radius

$$P_i - P_{wf} = 141.4 \frac{Q \cdot B_o \cdot \mu_o}{kh} \left[\log \frac{kt}{\phi \mu c_t r_{wa}^2} - 3.23 \right]$$

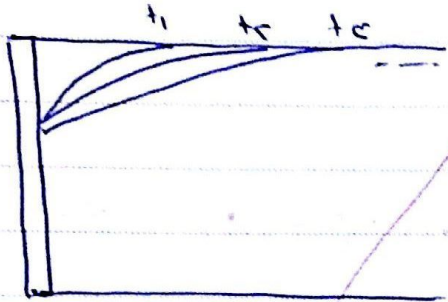
تغییر میزگی این است که اگر $s > 0$ باشد بنابراین $r_{wa} < r_w$ یعنی اینکه

well bore کوچکتر است

Readjustment time: t_R

مدت زمانی که نیاز است تا فشار از دیواره چاه به شعاع مشخصی از مخزن برسد

ساعت سدی، شد دامنه موج فشار نیز در r_e خواهد بود



$$t_R = \frac{\Delta V}{qB_o}$$

میزان تولید برابر انبساط آب

$$C_o = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \Rightarrow C_o = -\frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

$$\Rightarrow \Delta V = -C_o V \Delta P$$

$$\Delta V = -C_o [\pi (r_e^2 - r_w^2) h \phi] [P_{avg} - P_e]$$

چون در هر نقطه از چاه تا محل قرارگیری موج فشار، (r) فشارها متفاوت می باشد

همین دلیل از P_{avg} استفاده می کنیم

$$\Delta V = C_o \times \frac{\pi r_e^2 h \phi}{d, g, d} (P_e - P_{avg})$$

$$t_R = C_o \left(\frac{\pi r_e^2 h \phi}{d, g, d} \right) \left(\frac{qMB}{15,14 kh} \right) \times \frac{1}{q_o B_o}$$

$$P_e - P_{avg} = (P_e - P_w) - (P_{avg} - P_w) \Rightarrow t_R = \frac{10.4 \mu C \phi r_e^2}{k} \text{ day}$$

↓ day ↓ D

$$P_e - P_w = \frac{qMB}{10.8 kh} \ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right)$$

$$P_{avg} - P_w = \frac{qMB}{10.8 kh} \left[\ln \left(\frac{r_e}{r_w} - \frac{1}{r} \right) \right]$$

$$\Rightarrow P_e - P_{avg} = \frac{qMB}{15,14 kh}$$

از هر رابطه ای که توان استفاده نمود برای سادگی از روابط S.S استفاده می کنیم چون هر فرآیند S.S. در یک زمان خاص خود یک فرآیند S.S. که می تواند در نظر گرفته شود البته این فرض با خطا همراه است

متابسه کنند

- { t_R for incompressible liquid برای وقت سنگین μ از یارو کم و برای
- { t_R for gases گاز (بیشتر μ کم است اما چون گاز سنگینی بیشتر از نفت سنگین است و تا تغییر بیشتری دارد موج افت فشار برای وقت سنگین سریع تر می رود
- { t_R for high permeability system هرچه k بیشتر موج زودتر می رود
- { t_R for high porosity system هرچه ϕ بیشتر موج دیرتر می رود

* t_R is independent of flow rate

* t_R is dependant on fluid and rock properties

از روش t_{PA} که زمان رسیدن موج افت فشار به مرکز مخزن را نشان می دهد می توانیم

استفاده کنیم و از این روش دقیق تر است چون با معادله $diffusivity$ قطع شده

است اما فقط برای مرکز مخزن زمان را به ما می دهد در حالی که این روش در هر شعاع

Subject:

Year:

Month:

Date:

()

زمان رسیدن موج افت فشار را با ما می دهد و ساده تر است و کاربرد بیشتری هم

دارد. برای استفاده از p_A منحنی داریم تا شکل منحنی را داشته باشیم (A)

فرضیات:

منحنی تک فاز باشد

از r_w صرف نظر می کنیم

منحنی با لاتر از فشار حساب باشد

از فشار متوسط استفاده می کنیم

جریان V.S.S را مجموعه ای از جریان های S.S در نظر می گیریم

کارمادر well test به عکس است یعنی فشار در زمان را داریم و می خواهیم دیرگی

های منحنی را بدست آوریم برای مثال k

$\left. \begin{matrix} p_{wf} \\ t_{inv} \end{matrix} \right\} \Rightarrow k \rightarrow \text{Radius of investigation}$

$$\text{Radius of investigation: } r_i = \sqrt{\frac{kt}{0.1 \times 10^6 \phi c}} = \sqrt{t \eta} \quad \rightarrow \quad \eta = \frac{9.48 \times 10^{-8} k}{\mu \phi c}$$

Subject,

Year. Month. Date. ()

$$t_R = \frac{-1.25 r_e'}{\eta} = \frac{r_e'}{4\eta}$$

میزان امت فشار در نقاط مختلف با Q های مختلف می تواند متفاوت باشد اما نقطه بدون موج امت فشار برای Q های مختلف یکسان است (شیب امت فشار می تواند متفاوت باشد)

مثال: $q_1 = 100$ $q_2 = 200$ k, μ, c, ϕ

در حالت ۲ چون دبی زیاد است فشار بیشتر

$$\left\{ \begin{array}{l} q_2 > q_1 \\ P_{avg_2} < P_{avg_1} \end{array} \right.$$

امت می کند و فشار متوسط مخزن کمتر خواهد بود

با همین دلیل باید بایک دبی صیانتی تولید کنیم چون مشاهده به صورت نگارشی تغییر می کند و با ۲ برابر کردن دبی ممکن است فشار ۴ برابر امت کند. این دبی صیانتی را با استفاده از simulation می توان بدست آورد

$$C\phi = \begin{cases} C_{ave} \cdot \phi_t \\ (C_e \cdot \phi_e)_{mobile phase} \end{cases} \quad e: effective$$

$$C_{ave} = C_o S_o + C_g S_g + C_w S_w + C_{formation}$$

هر کدام از سیستم حاکم نباشد مقدارشان صفر خواهد بود

Subject, _____

Year, _____ Month, _____ Date, _____ ()

$$\phi_e = \phi_t \times S_i$$

$$C_{ave} \phi_t = (C_o \phi_o)_{mobile\ phase}$$

$$C_{eo}, \phi_t, S_o \checkmark$$

$$C_{ave} \phi_t = C_{eo} \times \overbrace{(\phi_t \times S_o)}^{\phi_{co}} + C_f$$

Subject:

Year: Month: Date: ()

Example: Using the following data, what time is required in the reservoir to reach approximately steady state condition

$$\mu = 1, d = 0.1 \text{ day}^{-1} \quad r_e = 1000 \text{ ft} \quad \phi = 0.11 \quad S_o = 0.9 \quad C_{eo} = 1.2 \times 10^{-2}$$

$$k = 100 \text{ md}$$

$$t_R = \frac{0.104 \mu C \phi r_e^2}{k} = \frac{r_e^2}{\eta}$$

$$\star C \phi = C_{ave} \phi_t = C_{eo} \phi_o = 1.2 \times 10^{-2} \times 0.11 \times 0.9$$

$\downarrow$ $\downarrow$
 $C_{eo} \times S_o$ $\phi_t \times S_o$

$$t_R = \frac{0.104 \times 1.2 \times 10^{-2} \times 0.11 \times 0.9 \times 1000^2}{100} = 1.1 \text{ days}$$

★ از زمانی که disturbance از دیواره باه شروع می شود تا به انتهای مخزن می رسد جریان

مستقر است ۱۷.۵۵

★ بعد از رسیدن به مرحله مخزن با Pseudo دارم یا St. St

Subject:

Year: Month: Date: ()

Turbulent flow

در جریان شعاعی افزایش در نزدیکی مجرای به حالت غیر آرام، معشوش

(turbulent) در خواصی که البته این موضوع بیشتر برای مخازن گازی اهمیت

بند می کند لذا در نزدیکی مجرای با افزایش سرعت با افت فشار مضاعفی رو به رو هستیم که

درست مانند skin باید این مقدار افت فشار ناشی از جریان turbulent نیز در محادلات

در نظر گرفته شود. برای skin ناشی از جریان معشوش turbulent skin factor

rate dependent ^{skin} فاکتور

$$(\Delta \Psi)_{\text{actual}} = (\Delta \Psi)_{\text{ideal}} + (\Delta \Psi)_{\text{skin}} + (\Delta \Psi)_{\text{turbulent-non-darcy}} \quad \leftarrow FQ_g^2$$

$$F = 3.141 \times 10^{-12} \frac{\beta T \gamma_g}{\mu_g h^2 r_w}$$

$$\beta = 1.188 \times 10^{-10} \times k^{-1.4} \times \phi^{-0.5}$$

turbulent factor

unsteady state radial flow

$$m(p_i) - m(p_{wf}) = \frac{141.8 Q_g T}{kh} \left[\log \left(\frac{kt}{\phi \mu c_f r_w^2} \right) - 3.23 + 1.175 \right] + FQ_g^2$$

$$= 3.23 + 1.175 + 1.175 FQ_g^2$$

P4PCO

$$\frac{Fkh}{141.8 T}$$

Subject:

Year. Month. Date. ()

$$m(p_i) - m(p_{wf}) = \frac{1433 Q_g T}{k h} \left[\log \left(\frac{k t}{\phi \mu C_r r_w^2} \right) - 3.23 + 1.87 S' \right]$$

total skin $\leftarrow S' = S + DQ_g$

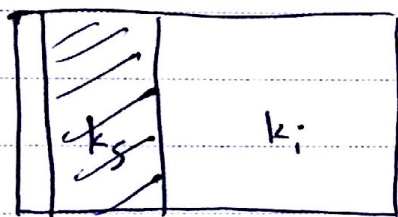
semi-steady state flow

$$Q_g = \frac{k h [m(\bar{p}_r) - m(p_{wf})]}{1433 T \left[\ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right) - 1.74 + S + DQ_g \right]}$$

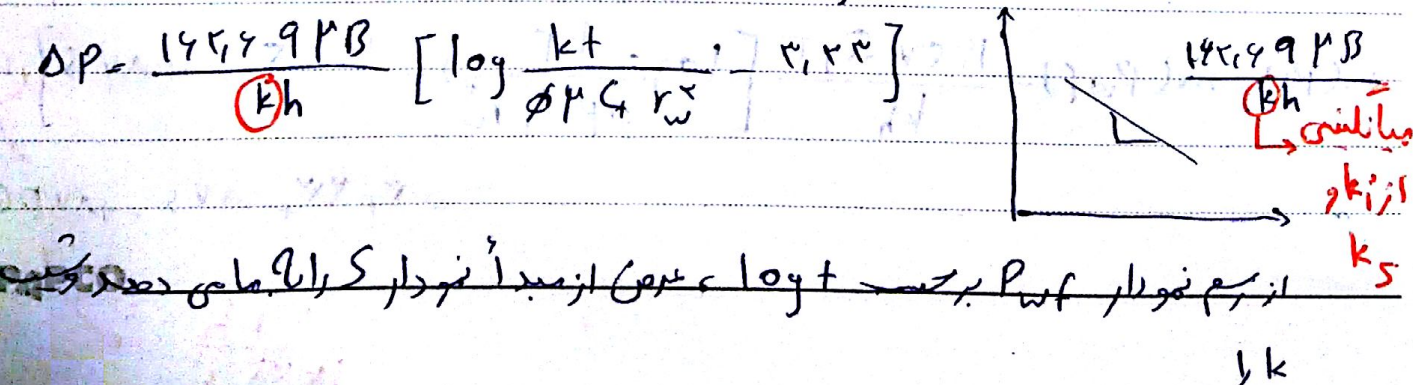
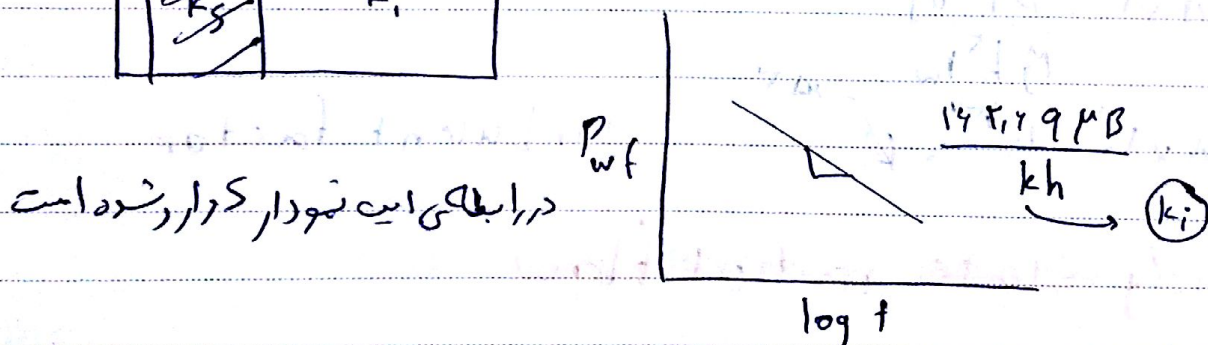
Steady state flow

$$Q_g = \frac{k h [m(p_i) - m(p_{wf})]}{1433 T \left[\ln \frac{r_e}{r_w} - 1.74 + S + DQ_g \right]}$$

ک اگر فرمول استفاده شود k_i (کل صورت می باشد) و برای امت فشار، skin



س تا غیر خود را می ندارد



Subject.

Year.

Month.

Date.

()

principle of superposition

Mathematically the superposition theory states that:
any sum of individual solution to the diffusivity equation
(or any other linear mathematic equation) is also a
solution to that equation

اصل برهم نهی، مجموع جوابهای مستقل یک معادله خود جوابی از همان معادله است.

کاربرد آن برای مسندسی مخزن در مسئله‌هایی است که،

۱- چند چاه همزمان داخل یک مخزن تولید کنند

۲- یک چاه با دبی‌های مختلف تولید کنند در دوره‌های زمانی متفاوت

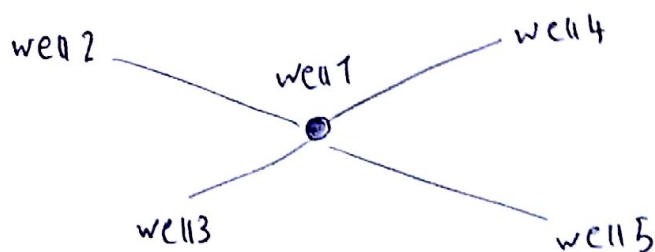
۳- مخزن با یک یا چند مرکز رسیده باشد و افت فشار ناشی از هر مرکز مایع در نظر باشد

مثال: $\Delta P_{\pm} = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \dots + \Delta P_n$

Effect of multiple wells

وقتی چند چاه در یک مخزن همزمان شروع تولید کنند فشار آنها نسبت فاصله آنها از یکدیگر دارند برهم اثر خواهند داشت و برای تعیین دقیق افت فشار در یک چاه باید افت فشار ناشی از تولید چاه های دیگر را نیز با افت فشار همان چاه جمع شود

* جمع پذیر بودن افت فشار بر اساس قانون رامل برهم نسی این اجازه را به ما خواهد داد که مجموع افت فشار های محاسبه شده برای تعیین افت فشار در یک چاه کاربرد داشته باشد



$$\Delta P_{\text{total @ well 1}} = \Delta P_{\text{drop due to well 1}} + \Delta P_{\text{drop due to well 2}} + \Delta P_{\text{drop due to well 3}} + \Delta P_{\text{drop due to well 4}} + \Delta P_{\text{drop due to well 5}}$$

* معمولاً افت فشار ناشی از تولید در خود چاه مورد مطالعه توسط تقریب و برای بررسی افت فشار سایر چاه ها درون چاه مورد مطالعه از Ei function استفاده می کنند (میرا)

در میزان مثال برای شکل رسم شده

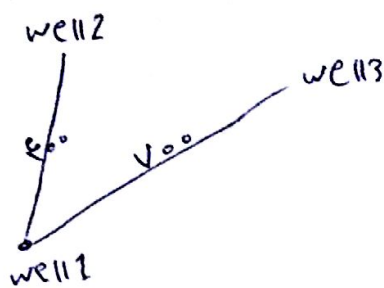
$$\Delta P_{\text{drop due to well 1}} = \frac{142.6 Q B M}{k h} \left[\log \frac{k t}{\phi \mu c_t r_w^2} - 3.23 + 0.175 \right]$$

$$\Delta P_{\text{drop due to well 2}} = \frac{142.6 Q B M}{k h} E i \left[\frac{-948 \phi \mu c_t r^2}{k t} \right]$$

* برای سایر چاه های نیز شیوه چاه شماره ۲ عمل می شود

example: assume that three well are producing under transient flow condition for 10 hours. The following data are available:

(1)



$$Q_{o1} = 100 \frac{\text{STB}}{\text{day}}$$

$$P_i = 4200 \text{ psi}$$

$$C_t = 2 \times 10^{-5} \text{ psi}^{-1}$$

$$Q_{or} = 140 \frac{\text{STB}}{\text{day}}$$

$$B_o = 1.1 \frac{\text{bbl}}{\text{STB}}$$

$$Q_{or} = 200 \frac{\text{STB}}{\text{day}}$$

$$(s)_{\text{wall}} = -0.1 \text{ D}$$

calculate the sand pressure of well1?

$$h = 20 \text{ ft}$$

$$k = 5 \text{ md}$$

$$r_w = 0.2 \text{ ft}$$

$$M_o = 2 \text{ cP}$$

$$r_e = 500 \text{ ft}$$

$$r_r = 100 \text{ ft}$$

$$(P_i - P_{wf}) = \Delta P_{\text{well1}} = \frac{141.9 Q B \mu}{k h} \alpha \log[\dots]$$

$$\Delta P_{\text{well1}} = 240.1 \text{ psi}$$

$$(\Delta P)_{\text{drop due to well2}} = - \frac{141.9 Q B \mu}{k h} E_i[\dots]$$

$$(\Delta P)_{\text{drop due to well2}} = 22.11 \times (-E_i(-1.42)) = 4.61 \text{ psi}$$

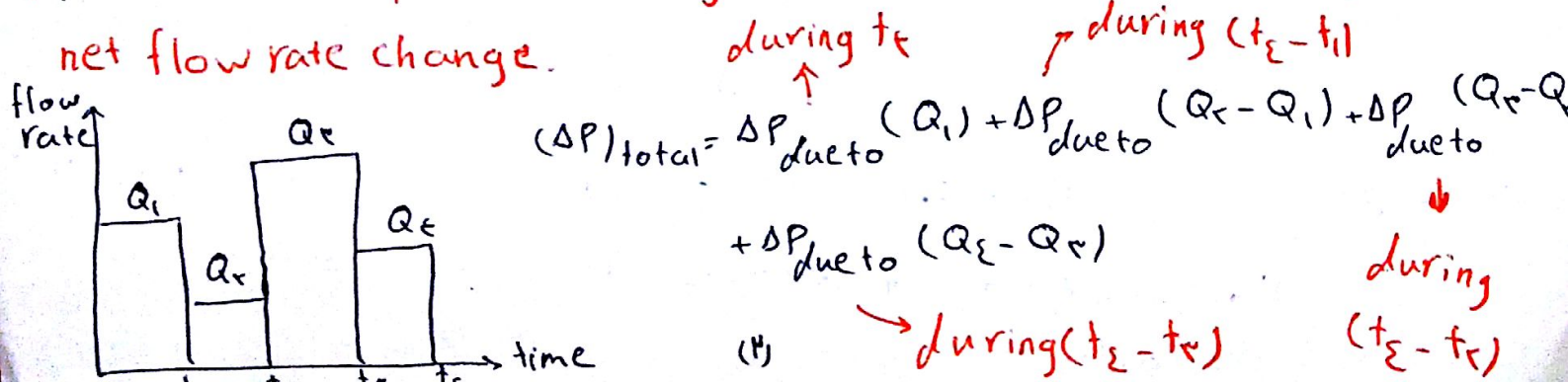
$$(\Delta P)_{\text{drop due to well3}} = 0.1 \text{ psi} \quad \left\{ \begin{array}{l} P_{wf} = P_i - \Delta P_i - \Delta P_r - \Delta P_e \\ P_{wf} = 4154 \text{ psi} \end{array} \right.$$

Effect of variable flow rate

Every flow rate change in well will result in a pressure response which is independent of the pressure responses caused by the other previous rate changes.

The total pressure drop that has occurred at any time is the

summation of pressure changes caused separately by each net flow rate change.



we use log approximation for all equations

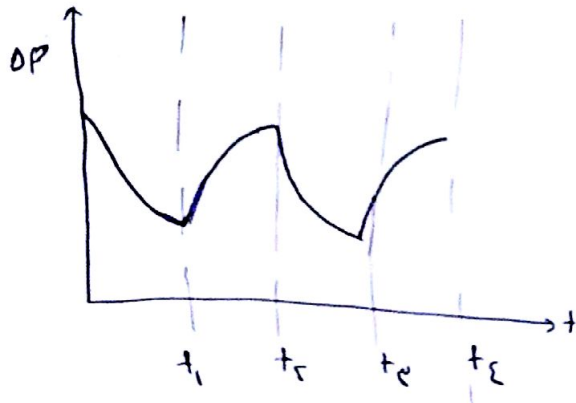
$$\Delta P(Q_1) = \frac{145.7 Q_1 B M}{k h} \log \left(\frac{k t_2}{\phi \mu c r_w^2} - 2.125 + 1.875 \right)$$

$$\Delta P(Q_r - Q_1) = \frac{145.7 (Q_r - Q_1) B M}{k h} \log \left(\frac{k (t_2 - t_1)}{\dots} \right)$$

$$\Delta P(Q_c - Q_r) = \frac{145.7 (Q_c - Q_r) B M}{k h} \log \left(\frac{k (t_c - t_r)}{\dots} \right)$$

$$\Delta P(Q_\Sigma - Q_c) = \frac{145.7 (Q_\Sigma - Q_c) B M}{k h} \log \left(\frac{k (t_\Sigma - t_c)}{\dots} \right)$$

بالجداول كاشي rate فشار افتی می باشد



Example: Figure shows the rate history using following data

and well producing under transient condition
calculate pressure drop after 15 hrs

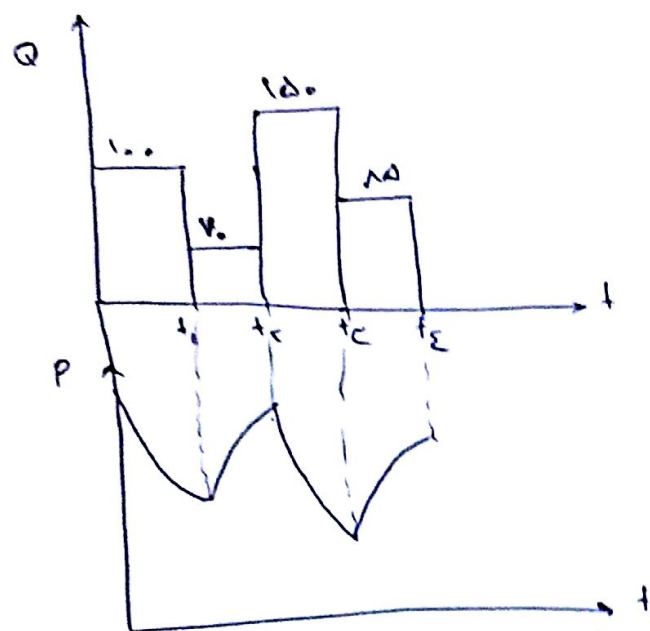
$$P_i = 1500 \text{ psi} \quad \mu_o = 2 \text{ cp} \quad \phi = 15\% \quad C_1 = 2 \times 10^{-4} \quad B_o = 1.1$$

$$h = 20 \text{ ft} \quad r_w = 0.3 \text{ m} \quad k = 4 \text{ md}$$

و برای مختلف، با تغییرات نرخ تولید، در نظر می‌گیریم هر ۹ می‌تواند یک نرخ جدید در داخل
میزان تولید می‌تواند تغییر کند یا به سبب اثر گذاردن سایر این متغیرها با ۹ قبل شود در
محاسبات ۹ کار می‌رود تا اثر تغییر disturbance مشاهده شود

اینجا به دست می‌آید ۹ شروع تولید می‌کند

$$\Delta P_t = \Delta P(Q_1 - 0) + \Delta P(Q_2 - Q_1) + \Delta P(Q_3 - Q_2) + \Delta P(Q_4 - Q_3)$$



$$\Delta P(Q_1 - 0) = \frac{142.7 \times (100 - 0) \times 1.1 \times 2.0}{4 \times 20} \left[\log \left(\frac{t \times 15}{0.15 \times 2.0 \times 2 \times 10^{-4} \times (0.3)^2} \right) - 3.23 \right]$$

$$\Delta P(Q_2 - Q_1) = \frac{142.7 \times (70 - 100) \times 1.1 \times 2.0}{4 \times 20} \left[\log \left(\frac{t \times (15 - t_1)}{0.15 \times 2.0 \times 2 \times 10^{-4} \times (0.3)^2} \right) - 3.23 \right]$$

$$\Delta P(Q_3 - Q_2) = \frac{142.7 \times (150 - 70) \times 1.1 \times 2.0}{4 \times 20} \left[\log \left(\frac{t \times (15 - t_2)}{0.15 \times 2.0 \times 2 \times 10^{-4} \times (0.3)^2} \right) - 3.23 \right]$$

$$\Delta P(Q_4 - Q_3) = \frac{142.7 \times (110 - 150) \times 1.1 \times 2.0}{4 \times 20} \left[\log \left(\frac{t \times (15 - t_3)}{0.15 \times 2.0 \times 2 \times 10^{-4} \times (0.3)^2} \right) - 3.23 \right]$$

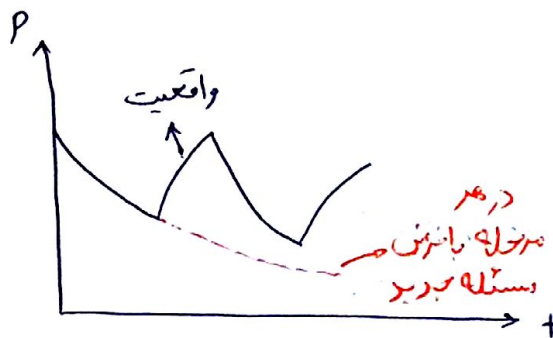
$$\Delta P_f = 219,5 + (-94,18) + 249,14(-19-14) = 283,43$$

$$P_{wf} = 5000 - 283 = 4715,51 \text{ psia}$$

آیا ممکن است این عدد از P_i بیشتر شود؟

در رویکرد مربوط به محاسبه ΔP

۱۱ اگر بخواهیم افت فشار هر قسمت را به صورت جداگانه (یعنی $t_2 - t_1$, $t_3 - t_2$, ...) محاسبه کنیم یعنی در هر مرحله فرض کنیم با یک مسئله جدید با P_i جدید روبه روهستیم در این صورت فشار هیدرلیک افزایشی نمی یابد و دائماً در حال افت است که با واقعیت در تناقض است

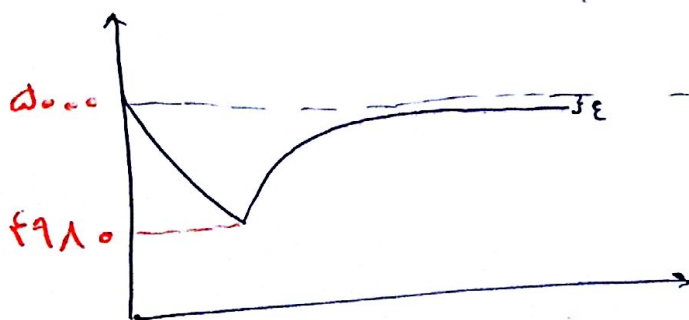


۱۲ مثالی که تغییر می کند مانند آن است که مثلاً درون چاه تدریجاً داریم پس بنا بر این Q را با Q ما را در رابطه لحاظ کنیم

$$Q: 100 \rightarrow 70$$

$\Rightarrow$ تا تدریجاً داریم

امکان این که این عدد بزرگتر از P_i شود وجود ندارد و با بیش چاه و در مدت زمان بینهایت P_i میل می کند و از نظر تئوری P_i می رسد

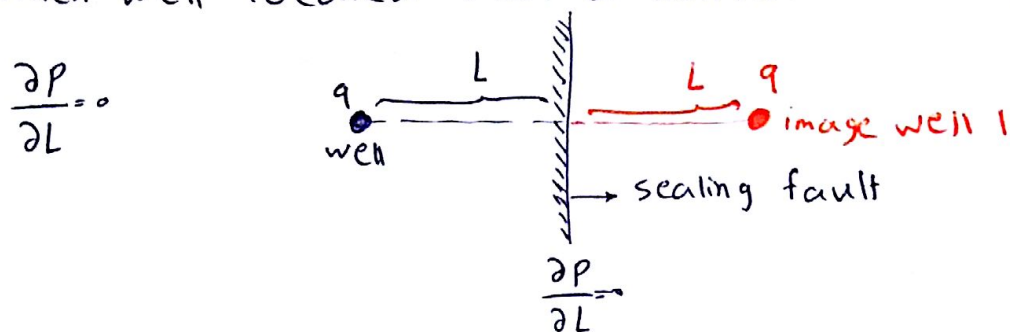


تولید کم در مدت زمان کم پس بیش چاه $P_i - \Delta P = \epsilon$

در صورت تولید زیاد در مدت زمان زیاد و بیش چاه P_i فشار اولیه نمی توانند برنگردد و یک فشار متوسط میل می کند

Effect of reservoir boundary

When well located near a nonflow boundary.



برای محاسبه افت فشار در چاه که نزدیک مرز قرار دارد از روش image well استفاده می کنیم
تعداد چاه های image و تعداد گسل ها (مرزها) نزدیک چاه و موقعیت قرارگیری هر چاه نسبت به
مرزها بستگی دارد

$$\Delta P_t = \Delta P_{well} + \Delta P_{image\ well}$$

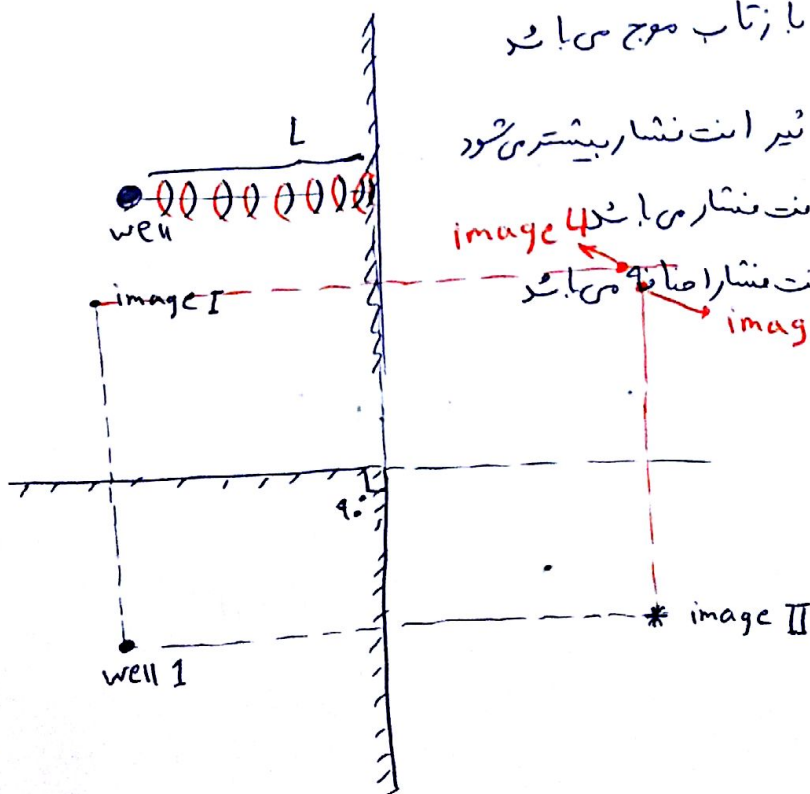
$$\Delta P_t = \frac{141.8 q B}{kh} (\log \dots) + \frac{70.8 q B}{kh} E_i \left(- \frac{94.8 \phi \mu c (rL)^2}{kt} \right)$$

فرض مسئله بر این است که چاه کماکان از یک طرف به طور نامحدود و از طرف دیگر به صورت محدود عمل می کند افت فشار
در چاهی که از یک طرف محدود شده بیشتر از افت فشار در چاه نامحدود است.
در صورت وجود مرز همان late transient می باشد

نشانی این روش در نظر گرفتن بازتاب موج می باشد

با برخورد موج و بازتاب آن تاثیر افت فشار بیشتر می شود

چون امواج بازتابی هم موج افت فشار می باشد 4 image
محدود بودن افت فشار یک افت فشار اضافی می باشد
image 3



۹ حالت کلی :

* دو خط موازی fault متقاطع باز آید θ



* دو fault موازی

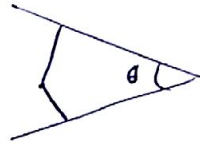


* چاه در closed boundary



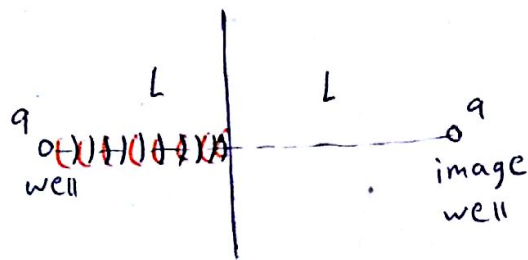
۳۶۰ - تعداد image
well θ

طارق احمد نام صفحه ۴۴



در این حالت درتا از تصویرها را در نقطه می گیریم چون تصویر طی (تایر خنلی) از چاه دوری شود و $E_i \approx 0$ می شود
کتاب slider ۱۱۸ تا ۱۳۵ کل بحث super position

Effect of boundary:

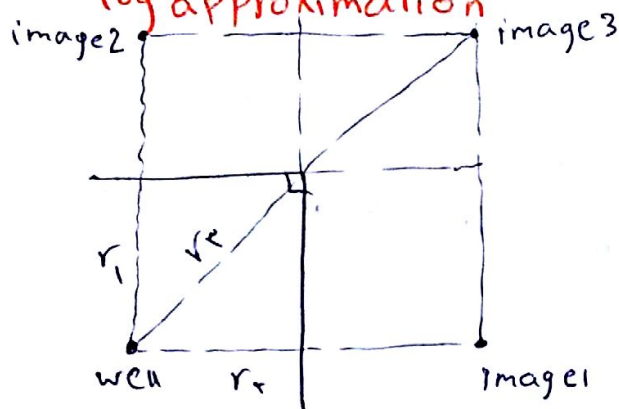


$$\Delta P_t = \Delta P_{\text{well}} + \Delta P_{\text{image well}}$$

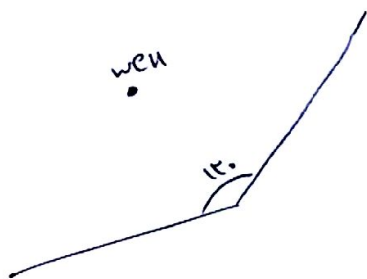


→ E function

log approximation



$$\Delta P_t = \Delta P_{\text{well}} + \Delta P_{\text{image I}} + \Delta P_{\text{image II}} + \Delta P_{\text{image III}}$$



for intersecting faults: number of $\Delta P = \frac{360}{\theta}$

$$\text{number of image well} = \frac{360}{\theta} - 1$$

for $\theta = 180^\circ$ 1 image

for $\theta = 90^\circ$ 3 image

چندگانه

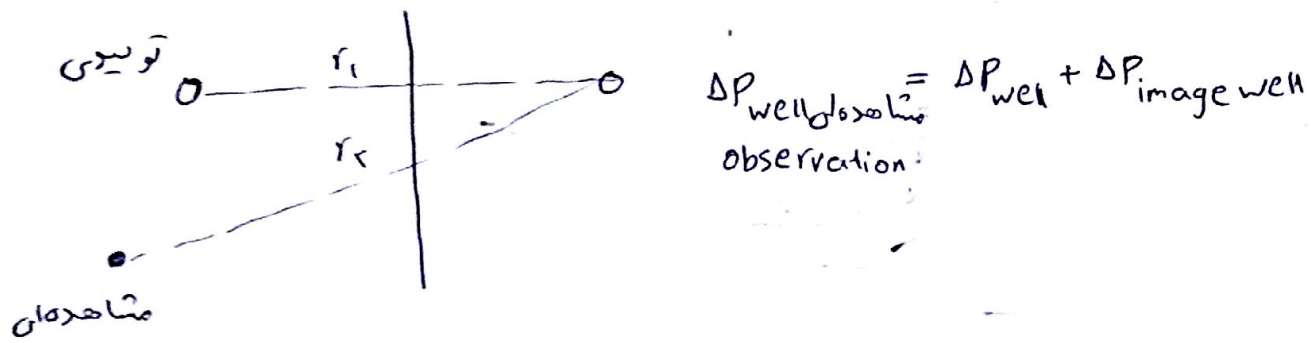
* اگر fault شکل منظم نداشته مثلاً دایره‌ای بود باید نزدیکترین فاصله از گسل به چاه تولیدی در نظر قرار دهید اگر انحنای گسل به شکلی بوده می‌توان آنرا دو گسل متقاطع در نظر گرفت مانند مسائل قبل با آن برخورد می‌کنیم



* اگر دو چاه یکی تولیدی و یکی مشاهده‌ای بودند باید اثر image را بر روی چاه مشاهده نیز محاسبه کنیم

* اگر چاه مشاهده‌ای و تولیدی در در طرف گسل قرار داشتند افت فشار چاه تولیدی بر روی چاه مشاهده‌ای

اثر ندارد ما اینداین است که چاه در مخزن متفاوت است و ارتباط فشاری با یکدیگر ندارند



* آبرخاها بین دو fault موازی یا یک مخزن محدود قرار داشت رخو استیم از طریق تعبیم چاه‌های image مسئله را حل کنیم در تصویر بی نهایت چاه تصویری داریم که از فاصله‌ای دورتر بر روی چاه تویدی اثر ندارد بنابراین با محاسبه t_R و مقایسه آن با مدت زمان تویدی تعداد چاه‌های تصویر را محدود می‌کنیم

... { ... | . | ... } - ...
اثری ندارد
علت امت
اثری

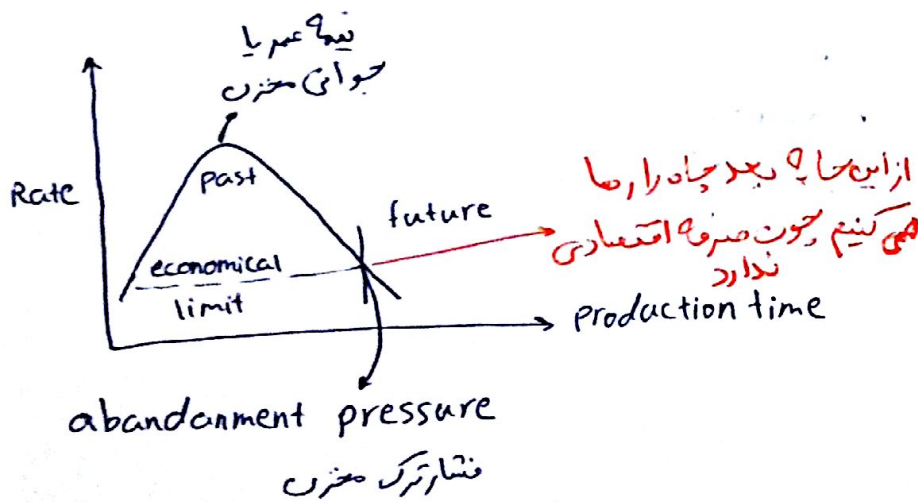
* چاه مشاهده‌ای برای اندازه‌گیری انت فشار و بدست آوردن دیرگی‌های مخزن استفاده می‌شود و از آن تولید نمی‌شود

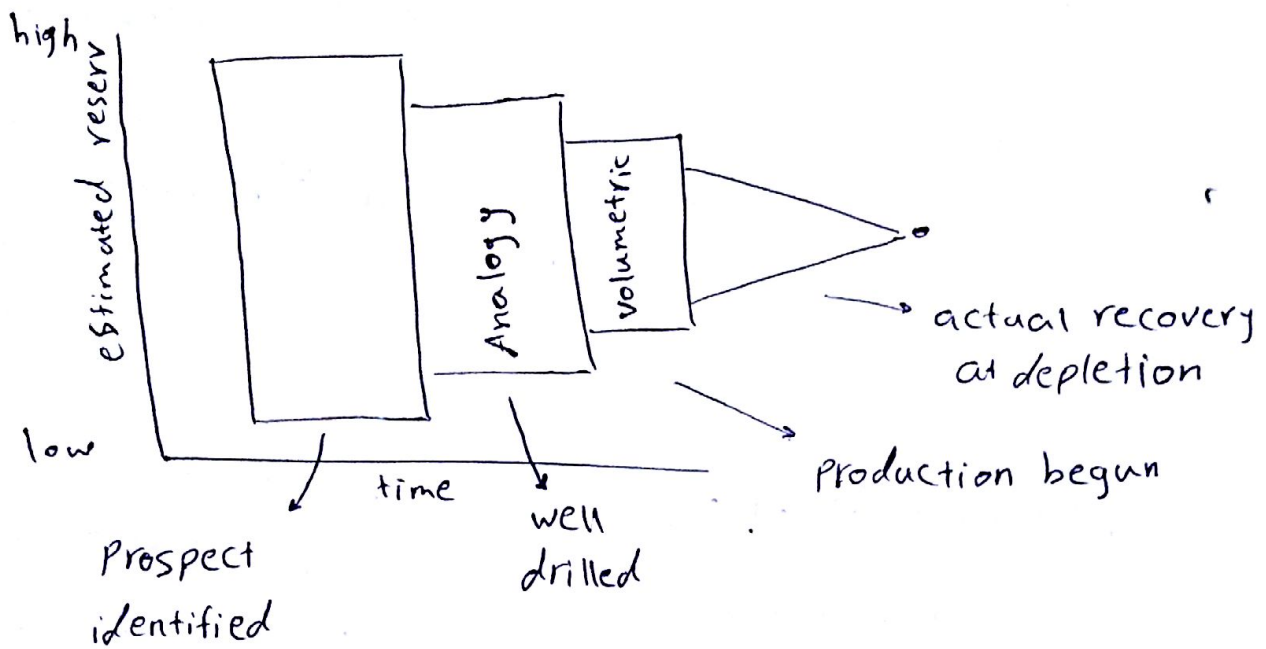
Oil & gas Reserves

Reserves

Reserves = Ultimate economical recovery - cumulative production

مقدار سیال قابل دسترسی و قابل برآشت





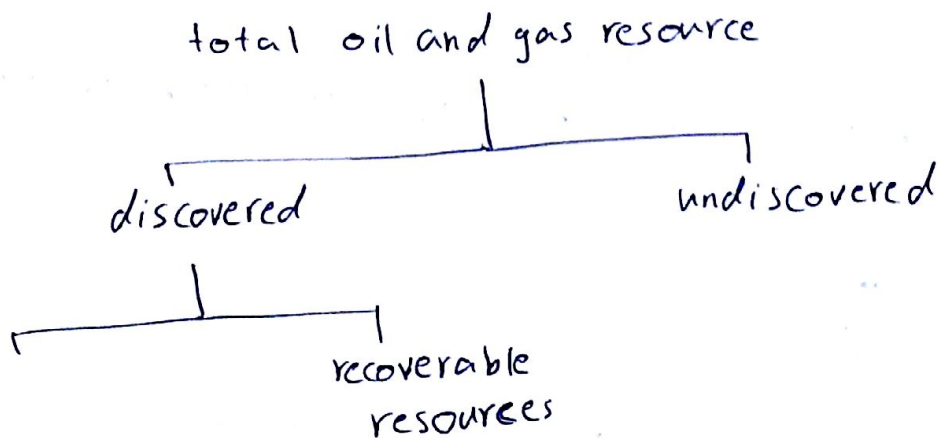
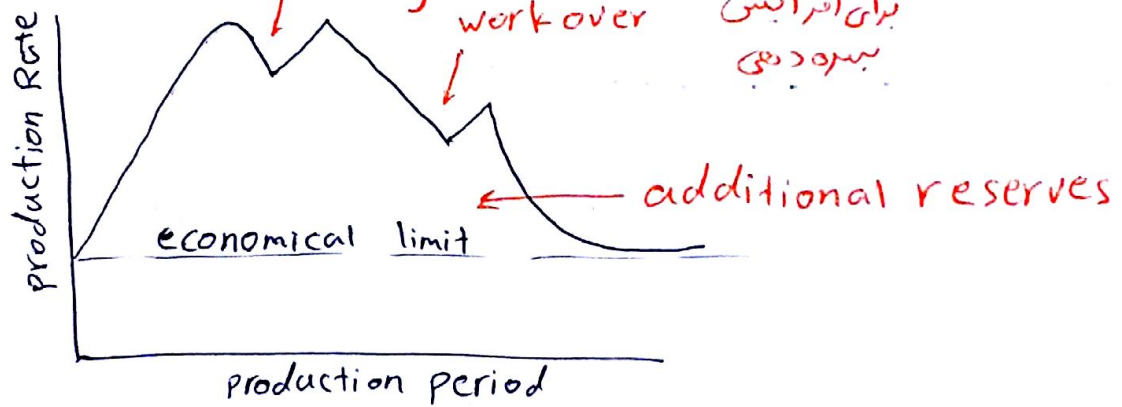
Analogy یعنی همگون سازی با داده های مخزن که در همان نزدیکی است و به هم مقایسه را حدس و پیمائش می کنند

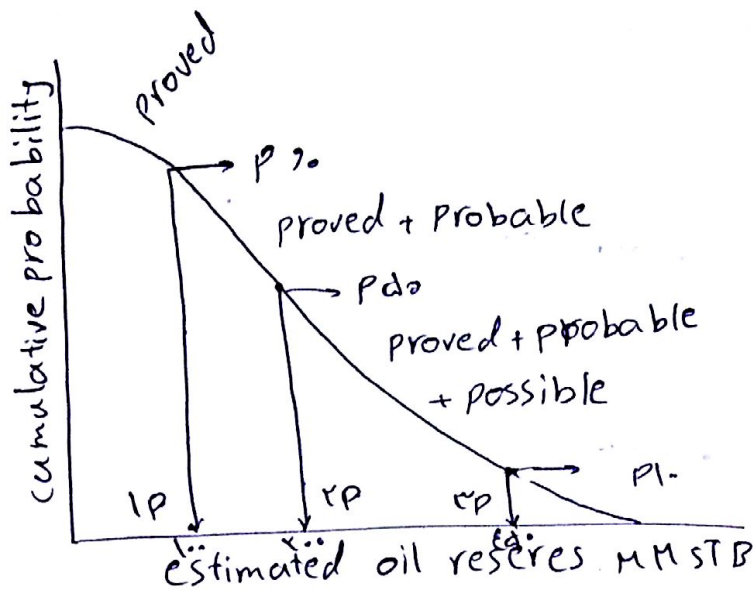
در داده های بیشتر

infill drilling

work over

برای افزایش بهره دگی





□ Volumetric estimates با توجه به حجم تولید و تخمین فیل

□ Performance analysis

$$\text{initial oil in place} = \frac{V_b \times \phi \times (1 - S_{wi})}{B_o}$$

$$h_N = h \times \frac{N}{g} \times \text{ضرب}$$

$$h_N \rightarrow \frac{\text{net}}{\text{gross}} \rightarrow \text{ضخامت مخزن خالص}$$

$$\text{مقدار کلی}$$

با توجه به اطلاعات = حداکثر

؟ ردش با لاردش (دقیق)
ردش دیگر استفاده از داده های آماری می باشد

decline curve analysis

decline curve analysis را بر اساس تولید در چاه های میدان رسم می شود چون در آنجا cumulative gas production همیشه خطی است خیلی بهتر جواب می دهد

با توجه به رفتار مخزن
شیب افت فشار نسبت به
($\frac{P}{z}$)

example determine the initial oil place and after volumetric depletion to abandonment pressure.

$A = 29700 \text{ acres}$
 $h_N = 91 \text{ ft}$
 $\phi = 1\%$
 $S_{wi} = 45\%$
 $P_i = 3000 \text{ psi}$
 $P_a = 300 \text{ psi}$

$B_o @ P_i = 1.61$
 $B_o @ P_a = 1.14$
 $S_{or} @ P_a = 0.34$
 $V_b = V_{vd} \times A \times h = 1.14 \text{ MM bbl}$
 $\downarrow$
 $\text{bbl} \leftarrow \text{acres.ft}$

$$IOIP = \frac{V_b \phi (1 - \bar{s}_w)}{B_o} = 292 \text{ MMSTB}$$

کل نفت موجود در مخزن

recovery

$$\text{factor } RF = \frac{141}{292} = 48.3\%$$

وقت قابل استحصال

$$N @ P_a = \frac{V_b \phi (1 - s_w - s_{or})}{B_o @ P_a} = 141 \text{ MMSTB}$$

تا فشار اقتصادی

برای ترک مخزن

میزان نفت ما

تولید

میزان گاز - G

تولید