Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

تخمی‌ن خصوصی‌ات مخازن شکاف‌دار به کمک روش موازنه مواد

فرشاد جعفری[۱].امی‌ن عرب پور[۲].محمد رضا دهستانی[۳].محسن احمد زاده[۴]
گچساران. فارس کازرون قائمی‌ه
Farshadj67@gmail.com

چکی‌ده

در مخازن شکافدار تغی‌ی‌رات زی‌اد تراوای‌ی به دلی‌ل وجود شکاف از دلای‌ل تغی‌ی‌ر مکانی‌سم تولی‌د نسبت به مخازن معمولی می‌باشد. در نتی‌جه در صورتی که بتوان ی‌ک مدل مناسب بدست آورد، که قادر به توصی‌ف بهتر مخزن باشد، می‌توان آی‌نده مخزن را با اطمی‌نان بی‌شتری پی‌ش بی‌نی کرد. ی‌کی از خصوصی‌ات مدل مناسب برای مخازن شکافدار، مشخص بودن ارتفاع ماتری‌س که ی‌کی ازعوامل تعی‌ی‌ن کننده در مقدار تولی‌د از ای‌ن مخازن می‌باشد، است. در واقع ارتفاع ماتری‌س تاثی‌ر خود را به صورت نی‌روی گراوی‌تی که ی‌کی از نی‌روهای تولی‌دی می‌باشد، نشان می-دهد. تا جای‌ی که اگر ارتفاع ماتری‌س از مقدار معی‌نی (h_{TH})کمتر باشد تاثی‌ر بسزای‌ی بر تولی‌د می گذارد، بدی‌ن صورت که در فرای‌ند ری‌زش تولی‌دی صورت نمی‌گی‌رد و در فرای‌ند آشام نی‌ز تولی‌د به مقدار قابل توجهی کاهش می‌ی‌ابد. از ای‌ن رو هدف از ای‌ن مطالعه به دست آوردن روابطی که بتواند ارتفاع ماتری‌س را تخمی‌ن بزند می‌باشد. بدی‌ن صورت که ابتدا معادله موازنه مواد را با استفاده از مفهوم خط راست که Havlena و odeh بی‌ان کردن حل کرده، سپس با استفاده از مقدار نفت اولی‌ه درجا(N) و سای‌ر مفاهی‌م نفتی، روابطی را که بتواند ارتفاع ماتری‌س را برای مدل وارن- روت و مدل کاظمی تخمی‌ن بزند، بدست می‌آوری‌م.

واژه‌های کلی‌دی: موازنه مواد مخازن شکافدار ارتفاع بلوک هی‌دروکربن

---

[۱]کارشناس ارشد مهندسی بهره برداری نفت
[۲]کارشناس مهندسی بهره برداری نفت
[۳]کارشناس مهندسی بهره برداری نفت
[۴]کارشناس مهندسی بهره برداری نفت

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

مخازن شکافدار درصد مهمی از ذخایر هیدروکربنی در جهان را تشکیل می‌دهند به طوری که تخمین زده می شود حدود نیمی از ذخایر نفتی دنیا در این مخازن شکافدار می‌باشد. یکی از معروف ترین نواحی نفتی شکاف خورده دنیا جنوب غرب ایران می‌باشد. درصد بسیاری از ذخیره نفت ایران مربوط به میادینی است که در این ناحیه واقع شده است[1].در مخازن شکافدار تغییرات زیاد تراوایی به دلیل وجود شکاف از دلایل تغییر مکانیسم تولید نسبت به مخازن معمولی می‌باشد. در نتیجه در صورتی که بتوان یک مدل مناسب با ابعاد ماتریسی مناسب به دست آورد می توان برنامه ی بهتری برای تولید از این نوع مخازن پیش بینی کرد. و از آنجایی که مخازن شکافدار دارای پیچیدگی های زیادی می‌باشند محققان از مدل‌های ساده شده‌ای برای توصیف این نوع مخازن استفاده می‌کنند. از معروف ترین این مدل ها مدل وارن- روت و مدل کاظمی می‌باشد که در این مطالعه نیز از این دو مدل برای توصیف مخازن شکافدار استفاده شده است. در واقع این مدل ها ساختار مخزن را توصیف می‌کنند و برای به دست آوردن نفت اولیه درجا نیز از معادله موازنه ی مواد استفاده می شود، در این راستا محققان بسیاری، پژوهشهای زیادی را انجام داده‌اند، و مدلهای نیز برای مخازن شکافدار بیان کردند، که می توان به مدل های: ۱-Penuela و همکارانش[2]، 2- مدل Chacoen و همکارانش[3]،3- مدل Sandoval و همکارانش[4] ،4-رناتو و همکارانش[5] و در نهایت 5- مدل Bashiri و همکارانش [6] اشاره کرد.

۲- معادله‌ی موازنه‌ی مواد

معادله موازنه مواد که به اختصار MBE خوانده می‌شود یکی از روش‌های اساسی پیش بینی عملکرد مخازن به شمار می‌رود. از این معادله می توان به منظور انجام محاسبات زیر استفاده نمود.

1) تخمین حجم درجای هیدروکربور اولیه در مخزن
2) پیش بینی عملکرد آتی مخزن
3) تخمین بازیافت نهایی هیدروکربور

مفهوم معادله ی موازنه ی مواد برای اولین بار توسط Schilthuis در سال 1936 معرفی گردید[7]. در ساده ترین شکل ممکن، یک معادله ی موازنه مواد را می توان به صورت زیر بیان نمود.

$$N(B_t - B_{ti}) + \frac{mB_{ti}}{B_{gi}}(B_g - B_{gi}) + (1+m)B_{ti}C_T\Delta P + W_e = N_p[B_t + (R_p - R_{si})B_g] + B_wW_p - G_{inj}B_{g,inj} - W_{inj}B_{w,inj} \quad (۱)$$

که در آن

$$B_t = B_o + (R_{si} - R_s)B_g \quad (۲)$$

$$C_T = \frac{C_wS_{wi} + C_f}{1 - S_{wi}} \quad (۳)$$

۲-۱ فرض های اساسی در معادله ی موازنه ی مواد (MBE)

1) دما ثابت و تخلخل نیز به صورت یکنواخت می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

2) تعادل فشاری: در هر زمان از تولید مخزن فرض بر این است که فشار در همه جای مخزن یکسان است. فرض دیگری که از فرض تعادل فشاری مشتق می‌شود یکسان بودن خواص سیال مخزن درهمه جای آن است. بنابراین هر گونه اختلاف فشار در موقعیت های مختلف مخزن ناچیز فرض می‌شود.
3) فرض ثابت بودن حجم مخزن: در محاسبات موازنه ی مواد، به جز در شرایط انبساط سنگ و آب مخزن و شرایط آب ورودی به مخزن که در معادله ی موازنه‌ی مواد در نظر گرفته می‌شوند، فرض بر این است که حجم مخزن در زمان‌های مختلف ثابت است.
4) معتبر بودن اطلاعات تولیدی
5) آب فقط و فقط در فاز آب باشد

معادله‌ی ارائه شده بالا، برای مخازن معمولی (بدون شکاف) می‌باشد، و نمی‌تواند مخازن شکافدار را توصیف کند[8].

در طول چند سال گذشته تحقیق‌هایی برای به دست آوردن معادله‌ی موازنه‌ی مواد برای مخازن شکافدار انجام شده است و مدل‌هایی نیز ارائه شده است که یکی از مهمترین این مدل‌ها، مدل فوق می‌باشد:

۲-۲Penuela و همکارانش

Penuela و همکارانش معادله‌ی موازنه‌ی موادی را برای مخازن شکافدار پیشنهاد کردند که به صورت زیر می-باشد [13] :

$$N_p\left[B_o + (R_p - R_s)B_g\right] + B_w W_p = N_m\left[B_o - B_{oi} + (R_{si} - R_s)B_g + \left(\frac{C_w S_{wi} + C_m}{1 - S_{wi}}\right)\Delta p B_{oi}\right] + N_f\left[B_o - B_{oi} + (R_{si} - R_s)B_g + \left(\frac{C_w S_{wfi} + C_f}{1 - S_{wfi}}\right)\Delta p B_{oi}\right] \quad (۴)$$

N_m :مقدار نفت اولیه درجا در ماتریس و N_f :مقدار نفت اولیه درجا در شکاف می‌باشد.

این معادله، علاوه بر فرضیات ذکر شده برای معادله موازنه مواد در مخازن معمولی شامل فرضیات زیر نیز می‌باشد:

1) مخزن هموژن
2) مخزن از چهار جزء تشکیل شده است: 1- نفت موجود در تانک ذخیره 2- گازتولیدی در سطح 3- آب تولیدی 4-سنگ دارای شکاف طبیعی.
3) مخزن از چهار فاز تشکیل شده است: 1- آب 2- گاز3- نفت 4- سنگ دارای شکاف طبیعی.
4) نفت تانک ذخیره فقط از فاز نفت تشکیل شده است.
5) گاز تولیدی در سطح حاصل تولید از گاز آزاد موجود در مخزن یا گاز حل شده می‌باشد.
6) مقدار گاز وآب تزریقی برابر صفر می‌باشد.
7) سنگ فقط در فاز سنگ می‌باشد.
8) فاز سنگ از دو قسمت تشکیل شده است1- شکاف 2- ماتریس
9) اشباع اولیه آب، تخلخل شکاف و تخلخل ماتریس در همه جای مخزن یکنواخت می‌باشد.
10) محیط متخلخل و شکاف‌ها تراکم پذیر می‌باشند.
11) مقدار آب ورودی به مخزن و آب تولیدی ناچیز می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

Penuela و همکارانش با استفاده از این فرضیات معادله شماره (4) را بدست آوردند[2]که از پر کاربرد ترین معادله‌ها در این زمینه می‌باشد.

با استفاده از معادله پیشنهادی Penuela و همکارانش می توان مقدار نفت اولیه درجا را برای مخازن شکافدار بدست آورد. روش حل این معادله به صورت گرافیکی می‌باشد. و از مفهوم خط راست که Havlena و odeh برای حل این معادله بیان کردند استفاده می‌شود[9 و10] .

$$F = N_p\left[B_o + \left(R_p - R_s\right)B_g\right] + B_w W_p \quad (5)$$

$$E_{o,m} = B_o - B_{oi} + (R_{si} - R_s)B_g + \left(\frac{C_w S_{wi} + C_m}{1 - S_{wi}}\right)\Delta p B_{oi} \quad (6)$$

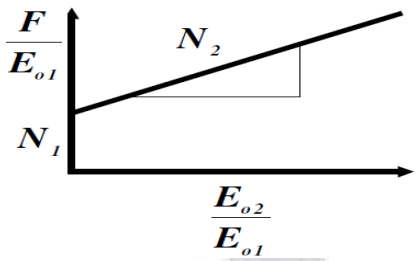
$$E_{o,f} = B_o - B_{oi} + (R_{si} - R_s)B_g + \left(\frac{C_w S_{wfi} + C_f}{1 - S_{wfi}}\right)\Delta p B_{oi} \quad (7)$$

معادله (4) را می توان به صورت زیر نوشت:

$$F = N_m E_{o,m} + N_f E_{o,f} \quad (8)$$

رسم نمودار $\frac{F}{E_{o,m}}$ برحسب $\frac{E_{o,f}}{E_{o,m}}$ مقدار $N_m = N_1$ و $N_f = N_2$ به دست می‌آید [10].

$$\frac{F}{E_{o,m}} = N_m + N_f \frac{E_{o,f}}{E_{o,m}} \quad (9)$$



شکل شماره (1):منحنی تشخیصی برای مخازن شکافدار [2]

۲-۳ اهمیت محاسبه سایز ماتریس ها (ارتفاع ماتریس):

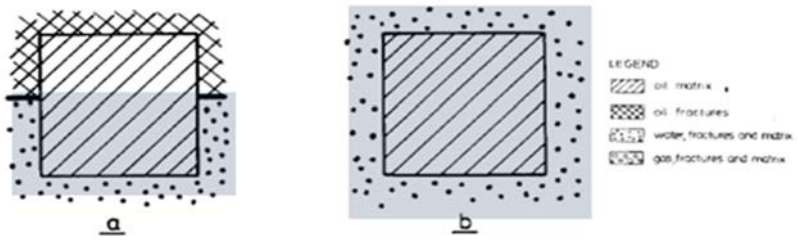
در بررسی مخازن شکافدار و شبیه سازی آن توسط نرم افزار های مهندسی، مدل وارن–روت و مدل کاظمی نسبت به سایر مدل‌ها کاربرد بیشتری دارند. از این رو در این قسمت بر پایه ی مدل وارن–روت، اهمیت محاسبه ارتفاع ماتریس را بیان می‌کنیم.

یک ماتریس یک واحد حجمی است که کاملا توسط شبکه شکافدار اطراف خودش و بدون هیچگونه ارتباطی با ماتریس‌های دیگر محاصره شده است. بنابراین مسئله جابه جایی فقط به فعل و انفعالات بین سیالاتی که ماتریس و سیالی که شبکه اطراف آن را اشباع نموده است بستگی دارد. فرایند جابه جایی در یک مخزن شکافدار وقتی که ماتریس

www.SID.ir

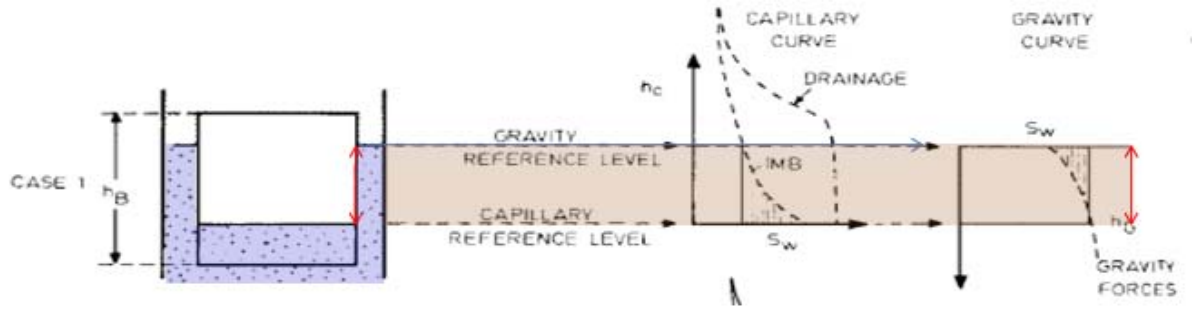
Archive of SID

اشباع شده از نفت به صورت جزئی یا کلی توسط سیال دیگری مانند آب یا گاز محاصره می‌شود، رخ می‌دهد. (شکل شماره (2) زمانی که ماتریس به صورت جزئی یا کاملا در آب باشد را نشان می‌دهد.)



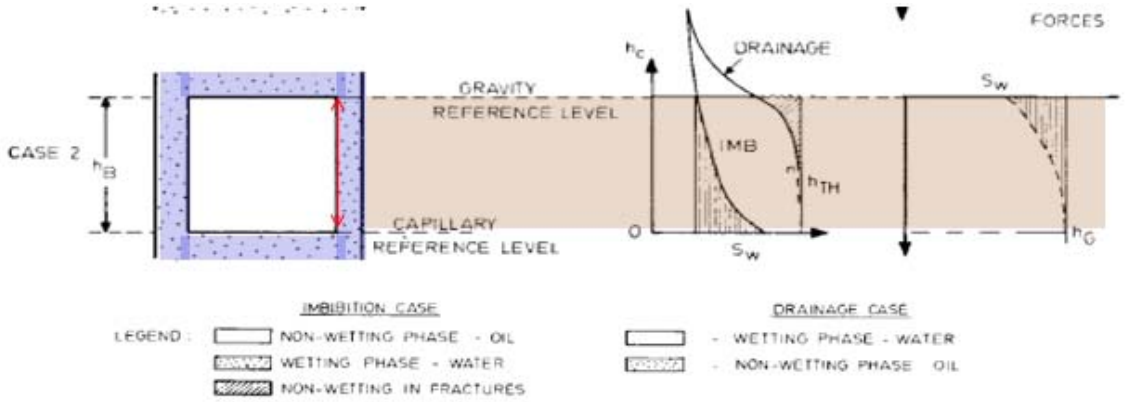
شکل شماره (2): *a*) ماتریس به صورت جزئی *b*) ماتریس به صورت کامل در آب غوطه ور[1].

مخزنی که از ماتریس‌های هندسی یکنواخت تشکیل شده است از بالا توسط انبساط گنبد گازی و از پایین توسط آب مورد تهاجم قرار می‌گیرد. یکی از عواملی که باعث این جابه جایی می‌شود ارتفاع ماتریس می‌باشد. به طوری که اگر ارتفاع ماتریس از حد معینی (h_{TH})کمتر باشد تاثیر بسزایی بر تولید (جابه‌جایی) می‌گذارد، بدین صورت که در فرایند ریزش تولیدی صورت نمی‌گیرد و در فرایند آشام نیز تولید به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد. در واقع ارتفاع ماتریس اثر خود را به صورت نیروی گراویتی نشان می‌دهد. که این نیروی گراویتی نیز یکی از دو نیروی تولیدی (نیروی موئینه وگراویتی) در فرایند آشام و ریزش می باشد. در فرایند ریزش تنها نیروی تولیدی،و در فرایند آشام یکی از دو نیروی تولیدی می باشد. این نیرو در صورتی در فرایند ریزش باعث تولید می شود که ارتفاع ماتریس بزرگتر از h_{TH} باشد ($h_b > h_{TH}$). و در فرایند آشام این نیرو نقش متفاوتی در تولید دارد. برای ماتریسی که به صورت کامل در آب غوطه ور می‌باشد این نیرو همیشه باعث افزایش تولید می‌شود. بدین صورت که هرچه ارتفاع ماتریس بیشتر باشد نیروی گراویتی بیشتر و به همان اندازه نیز تولید افزایش می‌یابد. اما برای ماتریسی که به صورت جزئی در آب غوطه ور است نیرو گراویتی ممکن است نقش مثبت یا منفی در تولید داشته باشد[12]. پس محاسبه ارتفاع ماتریس از اهمیت فوق العاده ایی برخوردار می‌باشد. (در شکل (3) تاثیر ارتفاع ماتریس در فرایند آشام و ریزش را می‌بینیم.)



www.SID.ir

Archive of SID



شکل(3):case1) ماتری‌س به صورت جزئی case2) ماتری‌س به صورت کامل در آب غوطه ور است[1].

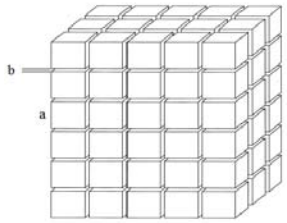
۳ - روش پی‌شنهادی

پس از مشخص شدن اهمی‌ت محاسبه ارتفاع ماتری‌س، در ای‌ن مطالعه با استفاده از مقدار نفت اولی‌ه درجا(N) محاسبه شده از طری‌ق معادله موازنه مواد و مفاهی‌م و تعری‌ف‌های مختلف نفتی، روابطی را بدست می‌آوری‌م که ارتفاع ماتری‌س را در مدل وارن–روت و مدل کاظمی بدست می‌آورد.

۳-۱ مدل وارن_روت

ای‌ن مدل جامع تری‌ن مدل برای مخازن شکافدار می‌باشد و استفاده از آن در مقی‌اس وسی‌عی توسعه ی‌افته است. در ای‌ن مدل سنگ مخزن توسط دو سری صفحات موازی عمود بر هم به قطعات کوچک (ماتری‌س) تقسی‌م می‌شود و شکاف‌ها مانند شبکه‌ای ماتری‌س ها را در بر می گی‌رد. در ای‌ن مدل فرض شده که مخزن از n عدد ماتری‌س با طول و عرض و ارتفاع برا بر a و از شکاف‌های‌ی با عرض برابر b مطابق شکل شماره (۴) تشکی‌ل شده است [13].

$$v_b = n * \approx n\, a^3 \qquad (10)$$
$$(a+b)^3$$



شکل شماره(۴) :شماتی‌ک مدل وارن- روت[11].

و با توجه به تعری‌ف‌های زی‌ر:

$$v_f = \frac{\text{حجم فضای خالی شکافها}}{\text{حجم کل شکافها}}$$

www.SID.ir

Archive of SID

(۱۱)

$$\varphi_f = \frac{\text{حجم کل شکافها}}{\text{حجم کل مخزن}} \quad (۱۲)$$

$$\varphi_m = \frac{\text{حجم فضای خالی ماتری‌سها}}{\text{حجم کل ماتری‌سها}} \quad (۱۳)$$

$$v_m = \frac{\text{حجم کل ماتری‌سها}}{\text{حجم کل مخزن}} \quad (14)$$

می‌توان نوشت:

$$\varphi_t = \varphi_f * v_f + \varphi_m * v_m \quad (15)$$

و با فرضی‌ا ت رو به رو $v_f \approx 1$ و $v_m \approx 1$ معادله (11) به صورت زی‌ر تغی‌ی‌ر می‌کند:

$$\varphi_t = \varphi_f + \varphi_m \quad (16)$$

پس:

مقدار کل نفت اولی‌ه درجا (N) را می‌توان به صورت زی‌ر نشان داد:

$$N = (\varphi_t * v_b) * (1 - S_{wi}) \quad (17)$$

با جای‌گذاری معادله (11) در معادله (12):

$$N = \left((\varphi_f + \varphi_m) * v_b\right) * (1 - S_{wi}) \quad (18)$$

و با توجه به ای‌نکه حجم کل ماتری‌س‌ها برابر $n\ a^3$ می‌باشد:

$$N = \left(\varphi_f * v_b\right) * (1 - S_{wi}) + (\varphi_m * n\ a^3) * (1 - S_{wi}) \quad (19)$$

$$N = \left((\varphi_f * v_b) + (\varphi_m * n\ a^3)\right) * (1 - S_{wi}) \quad (20)$$

در نتی‌جه:

$$a_w = \sqrt[3]{\frac{N}{(1 - S_{wi}) * (\varphi_m * n)} - \frac{v_b * \varphi_f}{(\varphi_m * n)}} \quad (21)$$

ابعاد ماتری‌س در مدل وارن‌ـروت می‌باشد که با استفاده از معادله موازنه مواد بدست آمده است.

2-2-2)مدل کاظمی:

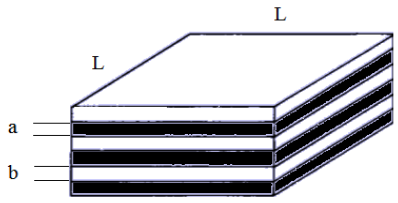
در ای‌ن مدل فرض می شود که مخزن از n عدد ماتری‌س و شکافهای‌ی به صورت افقی طبق شکل زی‌ر تشکی‌ل شده است که حجم هر ماتری‌س برابر aL^2 وحجم هر شکاف برابر bL^2 می‌باشد. که a ارتفاع ماتری‌س و L طول و عرض ماتری‌س و شکاف و b ارتفاع شکاف می‌باشد[12].(فرض شده که مخزن دارای n لای‌ه شکاف می‌باشد.)

www.SID.ir

Archive of SID

$$\varphi_f = \frac{n\,bL^2}{v_b} \quad (۲۲)$$

$$v_b = n * (a+b) * L^2 \quad (۲۳)$$



شکل شماره (۵): شماتی‌ک مدل کاظمی[10].

با استفاده از معادله ۱۳ که قبلا اثبات شد

$$N = \left((\varphi_f + \varphi_m) * v_b\right) * (1 - S_{wi}) \quad (۲۴)$$

$$N = \left(\varphi_f * v_b\right) * (1 - S_{wi})\right) + \left((\varphi_m * v_b) * (1 - S_{wi})\right) \quad (۲۵)$$

و با توجه به تعریف: $\varphi_f = \frac{n\,bL^2}{v_b}$ و $v_b = n * (a+b) * L^2$ می‌توان نوشت:

$$N = \left(\left(\frac{n\,bL^2}{v_b} * v_b\right) * (1 - S_{wi})\right) + \left((\varphi_m * n * (a+b) * L^2) * (1 - S_{wi})\right) \quad (۲۶)$$

سپس

$$N = \left(nbL^2 * (1 - S_{wi})\right) + \left((\varphi_m * n * (a+b) * L^2) * (1 - S_{wi})\right) \quad (27)$$

در نتی‌جه:

$$a_k = \frac{N}{n * L^2 * \varphi_m * (1 - S_{wi})} + \frac{b(1-\varphi_m)}{\varphi_m} \quad (28)$$

ارتفاع ماتری‌س در مدل کاظمی می‌باشد که با استفاده از معادله موازنه مواد بدست آمده است.

۴-مطالعه موردی

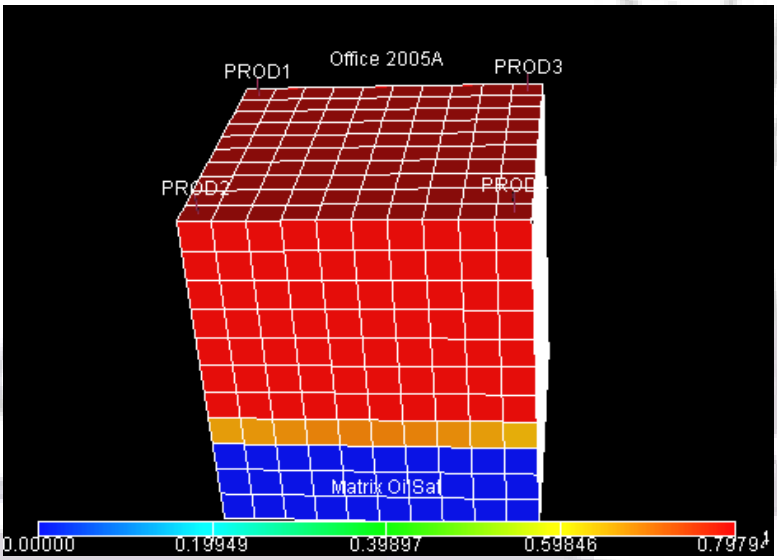
در ای‌ن بخش به منظور اطمی‌نان از صحت نتای‌ج روابط بدست آمده، مخزنی را با شرای‌ط غی‌ر اشباع با 10 ماتری‌س در جهت x ، 10 ماتری‌س در جهت y و 11 ماتری‌س در جهت z شبی‌ه سازی کرده، که ابعاد هر ماتری‌س در تمام جهات نی‌ز برابر 132 ft می‌باشد. سای‌ر اطلاعات اولی‌ه مخزن در جدول شماره (1) و اطلاعات تولی‌دی مخزن نی‌ز در جدول شماره (2) آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره(1) – اطلاعات مخزن

پارامترهای سی‌ال و مخزن	مقدار	پارامترهای سی‌ال و مخزن	مقدار
فشاراولیه (P_i)	4714/683psi	تراوایی ماتریس (K_m)	1md
فشار اشباع (P_b)	2500 psi	تراوایی شکاف (K_f)	30md
اشباع اولیه آب (S_{wi})	20 %	حجم کل مخزن (v_b)	1829520000 ft^3
تراکم پذیری آب (c_w)	3×10^{-6}PSI^{-1}	مقدار نفت اولیه درجا (N)	54948576 STB
تراکم پذیری ماتریس (c_r)	$3/5 \times 10^{-6}$ PSI^{-1}	طول وعرض مخزن (L)	1320ft
تخلخل ماتریس (φ_m)	25%	ارتفاع حاوی نفت مخزن (h)	1050ft
تخلخل شکاف (φ_f)	0/015%	ارتفاع شکاف (b)	0/16ft



شکل شماره (۶) – شماتیک مخزن

جدول شماره (2) – اطلاعات تولیدی مخزن

TIME(DAYS)	FPR (PSIA)	FOPT(STB)	FWPT(STB)	Bo(bbl/STB)
0	4174/683	0	0	1/249952
1	4168/853	3200	0/135635	1/249987
4	4154/056	12800	0/453117	1/250076
13	4113/651	41600	1/133614	1/250318
40	3993/518	128000	3/003837	1/251039
119/4919	3639/053	382374/2	8/505354	1/253166
242/246	3089/056	775187/1	17/07007	1/256466
365	2680/425	1065888	21/73471	1/258917
730	2651/44	1087396	21/74025	1/259091
1095	2650/771	1087896	21/74026	1/259095
1460	2650/756	1087908	21/74026	1/259095
1825	2650/755	1087908	21/74026	1/259095

1) با توجه به اطلاعات جدول شماره (1)، تراکم پذیری pore volume (c_p) برابراست با:

www.SID.ir

Archive of SID

$$C_p = \frac{(1-\varphi_t)}{\varphi_t} * C_r = 9.7 \times 10^{-5} psi^{-1}$$
(29)

در نتی‌جه:

$$C_{avg} = \frac{C_p+C_r}{2} = 6.6 \times 10^{-5} psi^{-1}$$ (30)

2)با استفاده از معادله‌های (5)و(6)و(7)، و با توجه به اطلاعات جداول(1)و(2)به ترتی‌ب F ، $E_{o,m}$ و $E_{o,f}$ قابل محاسبه می‌باشند.(در مخازن غی‌ر اشباع: $R_p = R_s$)

$$F = N_p\left[B_o + \left(R_p - R_s\right)B_g\right] + B_w W_p = 4000.098(\text{bbl})$$ (۳1)

$$E_{o,m} = B_o - B_{oi} + (R_{si} - R_s)B_g + \left(\frac{C_w S_{wi}+C_m}{1-S_{wi}}\right)\Delta p B_{oi} = 0.000101(\frac{(bbl)}{(STB)})$$ (۳2)

زی‌را از ضری‌ب تراکم پذی‌ری می‌انگی‌ن، استفاده کردی‌م.

$$E = E_{o,m=}E_{o,f}$$ (33)

در نتی‌جه:

$$F = N_m E_{o,m} + N_f E_{o,f} = \left(N_m + N_f\right)E = NE$$ (34)

خلاصه نتای‌ج در جدول شماره(3) آمده است:

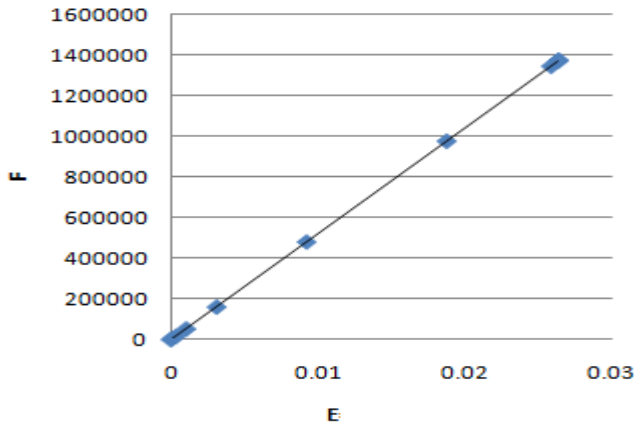
جدول شماره (3): نتای‌ج محاسبات

$\Delta p = p_i - p$ (PSIA)	Eom,Eof=E(bbl/STB)	F(bbl)
0	0	0
5.8296	0.000101	4000.098
20.6269	0.000356	16001.44
61.0312	0.001053	52014.4
181.1648	0.003127	160136.1
535.6294	0.009255	479186.9
1085.627	0.01879	974013.5
1494.258	0.025896	1341887
1523.243	0.026401	1369153
1523.911	0.026412	1369788
1523.927	0.026412	1369802
1523.928	0.026412	1369803

3) با رسم نمودار F برحسب E، شی‌ب منحنی برابر مقدار نفت اولی‌ه درجا (N) می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره (۷): منحنی F برحسب E

شیب منحنی برابر مقدار نفت اولیه درجا(N) می‌باشد:

$$N = 5.1 \times 10^7 (STB) = 357942477 (ft^3)$$

۴-۱-ابعاد ماتری‌س در مدل وارن-روت:

با توجه به اطلاعات جداول(1)و(2) و با استفاده از معادله(16):

(با فرض این‌که: $n = 800$)

$$a_w = \sqrt[3]{\frac{N}{(1-S_{wi})*(\varphi_m * n)} - \frac{v_b * \varphi_f}{(\varphi_m * n)}} \quad (35)$$

در نتیجه: $a_w = 128.056(ft)$

۴-۲-ارتفاع ماتری‌س در مدل کاظمی:

با توجه به اطلاعات جداول(1)و(2) و با استفاده از معادله(20):

(با فرض این‌که : $n = 8$)

$$a_k = \frac{N}{n * L^2 * \varphi_m * (1 - S_{wi})} + \frac{b(1-\varphi_m)}{\varphi_m} \quad (36)$$

در نتیجه

$$a_k = 127.594(ft)$$

شبیه ساز	معادله موازنه مواد	درصد خطا
$N = 54948576(STB)$	$N = 51000000(STB)$	۷/۱۸
$a = 132(ft)$	$a_w = 128/056(ft)$	۲/۹
$a = 132(ft)$	$a_k = 127/594(ft)$	۳/۳

www.SID.ir

Archive of SID

۵- نتیجه

نتایج بدست آمده از محاسبات، درستی رابطه‌های جدید ارائه شده برای محاسبه ارتفاع ماتریس، در مدل های وارن-روت و کاظمی را نشان دادند. و از آنجایی که ارتفاع ماتریس در فرآیند های آشام و ریزش به صورت نیروی گراویتی نقش مهمی را ایفا می‌کنند، به خصوص در فرآیند آشام، و زمانی که ماتریس ها از اندازه بزرگی برخوردار باشند یا اینکه نیروی موئینه قابل صرف نظر کردن باشد می‌توان با استفاده از رابطه‌های پیشنهادیی ارتفاع ماتریس را تخمین زد. البته باید به این نکته نیز دقت داشت، که هرچه درصد خطا در محاسبات مربوط به مقدار نفت اولیه درجا N کمتر باشد. رابطه-های ارائه شده از دقت بیشتری برخوردار می‌باشند. و مهندس مخزن می تواند با استفاده از این روابط، یکی از مهم ترین فاکتورهایی که بر مقدار بازیافت نفت در مخازن شکافدار نقش دارد را تخمین بزند.

۶- منابع

1. Van Golf-Racht, T.D.: "Fundamentals of Fractured Reservoir Engineering," Elsevier Scientific Pub. Co., Amsterdam (1982).
2. Penuela, G., Idrobo, A., Ordonez, A., Carlos, E.: "A New Material-Balance Equation for Naturally Fractured Reservoirs Using a Dual-System Approach" paper SPE 68831 presented at the SPE Western Regional Meeting (2001) California, U.S.A, March 26-30.
3. Chacon, A., Tiab, D.: "Impact of Pressure Depletion on Oil Recovery in Naturally Fractured Reservoirs" paper SPE 108107 presented at the SPE American and Caribbean Petroleum Engineering Conference (2007), Buenos Aires, Argentina, April15–18.
4. Sandoval, P., Calderon, Z., Ordonez, A.: "The New, Generalized Material Balance Equation for Naturally Fractured Reservoirs" paper SPE 122395 presented at the SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference (2009), Cartagena, Colombia, 31 May–3 June
5. Renato, J., Peron, C.: "Material Balance of Fractured Fields–Double Reservoir Method" paper SPE 108029 presented at the SPE American and Caribbean Petroleum Engineering Conference (2007), Buenos Aires, Argentina, April 15–18.
6. Bashiri, A.,Kasiri,N.: "Revisit Material Balance Equation for Natually Fractured Reservoirs" paper SPE 150803 presented at the SPE Annual International Conference and Exhibition (2011), Abuja, Nigeria, 30 July–3 August.
7. Schilthuis, R.J.: "Active Oil and Reservoir Energy," Trans. AIME (1936) 148, 33-52
8. Ahmed, T.: Reservoir Engineering Handbook,Third Edition, Elsevier, 2006.
9. Penuela, G., Ordonez, A., and Bejarano, A.: "A Generalized Material Balance Equation for Coal Seam Gas Reservoirs," paper SPE 49225 prepared for presentation at the Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans (Sep. 1998).
10. Havlena, D., and Odeh, A. S., .The Material Balance as an Equation of a Straight Line, Part II.Field Cases,. JPT, July 1964, pp. 815.822.
11. Ordonez, A., Penuela, G.,Idrobo, E., Medina, E.: "Recent Advances in Naturally Fractured Reservoir Modeling" http://www.sci.unal.edu.co/
12. Kazemi, H.,1969.Pressure trnsient analysis of naturally fractured reservoir with uniform fracture distribution.Soc.Pet.J.,p451-458.
13. Warren, J.E. and Root, P.J.: The Behavior of Naturally Fractured Reservoirs, SPEJ (Sep. 1963) 245.

www.SID.ir