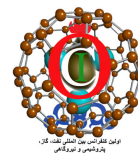


اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



بررسی بهترین معادله حالت برای تعیین ضریب تراکم پذیری سیالات گاز میعانی

مصطفی سعدونی¹

1- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه

چکیده

با توجه محدود بودن مخازن و نمونه های سیالات هیدروکربوری استفاده شده برای بدست آوردن معادلات حالت مختلف، تعیین معادله حالت بهینه در مورد مخازن گازی کشور به خصوص مخازن گاز میعانی که اصولاً دارای رفتار پیچیده ای هستند را نمی توان با استناد به این نتایج مشخص کرد. در این مقاله با استفاده از نمونه سیال شش مخزن گاز میعانی مختلف کشور و با در اختیار داشتن مقادیر ضریب تراکم پذیری آزمایشگاهی حاصل از آزمایش تخلیه در حجم ثابت (CVD) و استفاده از 6 معادله حالت بکار گرفته شده در نرم افزارهای مهندسی نفت به بررسی بهترین معادله حالت برای تخمین ضریب تراکم پذیری مخازن گاز میعانی کشور پرداخته شده است. نتایج نشان داد معادله حالت پنگ-رابینسون سه پارامتری بهترین معادله حالت برای تخمین ضریب تراکم پذیری است.

واژه های کلیدی: معادله حالت، ضریب تراکم پذیری، سیالات گاز میعانی، تخلیه در حجم ثابت، پنگ رابینسون

1- مقدمه

مخازن گاز میعانی به عنوان حد واسطی بین مخازن نفتی و گازی می باشند. دمای این مخازن بین دمای نقطه حداکثر دمایی (Cricondentherm) و دمای بحرانی (Critical Point) و فشار آنها معمولاً بالای فشار نقطه شبنم است.^[1-2] سیالات گاز میعانی بواسطه دارا بودن اجزای میانی بیشتر نسبت به دیگر سیالات هیدروکربوری دارای رفتار فازی و ترمودینامیکی بسیار پیچیده تری هستند. با توجه به اینکه ضریب تراکم پذیری گازها میزان انحراف گازها را از حالت ایده آل نشان می دهد تعیین مقدار دقیق آن می تواند در تبیین رفتار واقعی گازها نقش بسزایی داشته باشد. ضریب تراکم پذیری گازها معمولاً در آزمایشگاه اندازه گیری می شود. در غیاب داده های آزمایشگاهی برای تعیین ضریب تراکم پذیری گاز از معادلات حالت استفاده می شود. تا کنون معادلات حالت زیادی توسط محققین مطرح گردیده اند. تمامی این معادلات با کارهای آزمایشگاهی بر روی نمونه های سیال مختلف و محدود از برخی مخازن محدود جهان بدست آمده اند. از آنجا که رفتار سیالات مخازن هیدروکربوری به خصوص مخازن گاز میعانی دارای پیچیدگی های بسیار فازی و ترمودینامیکی است، نمیتوان به استناد نتایج بدست آمده از معادلات حالت برای محاسبه ضریب تراکم پذیری سیالات محدود بکار گرفته شده در برخی مخازن جهان، دقت و نتایج آن ها را به تمامی دیگر سیالات مختلف هیدروکربوری در مخازن متفاوت بطور قطع تعمیم داد. در این مقاله با بکار گرفتن شش معادله حالت قابل قبول و مورد استفاده در نرم افزارهای مهندسی نفت و با در اختیار داشتن مقادیر آزمایشگاهی ضریب تراکم پذیری گاز حاصل از آزمایش تخلیه در حجم ثابت (CVD) مربوط به شش نمونه سیال از مخازن گاز میعانی مختلف کشور به بررسی تعیین بهترین معادله حالت برای تعیین ضریب تراکم پذیری مخازن گازی کشور پرداخته شده است.

1 - Email: Sadooni.eng@gmail.com

معادلات حالت بکار گرفته شده به ترتیب معادله حالت Soave Redlich ، Redlich Kwong(RK) Kwong(SRK) دو و سه پارامتری، Peng Robinson(PR) دو و سه پارامتری و معادله حالت Schmidt Wenzel(SW) می باشند. در این کار از نرم افزار PVTi که محصول شرکت Schlumberger و یکی از قوی ترین نرم افزارهای PVT در مهندسی نفت است به همراه برنامه نویسی در Excel استفاده شده است. نرم افزار PVTi برای شبیه سازی آزمایش های مختلف مهندسی نفت بوسیله معادلات حالت مختلف در صورتی که امکان انجام آزمایش ها فراهم نباشد بکار می رود. همچنین این نرم افزار جهت تطابق میان داده های آزمایشگاهی مربوط به آزمایشات مختلف و نتایج بدست آمده از معادلات حالت و محاسبات مختلف PVT در مهندسی نفت کاربرد بسیاری دارد. در ادامه به معرفی معادلات حالت مطرح شده پراخته شده است:

1-1: معادله حالت RK

این معادله در سال 1948 توسط دو محقق به نام های Redlich و Kwong مطرح گردید. آنها بیان کردند با ایجاد تغییراتی در فشار جاذب (a/v^2) معادله حالت واندوالس می توان پیش بینی رفتارهای حجمی و فازی مربوط به فاز بخار را به نحو چشمگیری بهبود بخشید. این محققین رابطه 1 را با جایگزین نمودن عبارت فشار جاذب با یک عبارت وابسته به دما بصورت زیر مطرح نمودند:^[3]

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V(V+b)T^{0.5}} \quad (1)$$

$$a = \Omega_a \frac{R^2 T_c^{2.5}}{P_c}, b = \Omega_b \frac{RT_c}{P_c}$$

که در آن a و b بصورت روبرو تعریف شده اند:

$$\Omega_a = 0.42747, \Omega_b = 0.08664$$

آنها با جایگزینی حجم مولی (v) در معادله 1 با عبارت ZRT/P معادله خود را بر حسب ضریب تراکم پذیری بصورت معادله 2 در ذیل برای مخلوطهای هیدروکربنی مطرح نمودند:^[3]

$$Z^3 - Z^2 + (A - B - B^2)Z - AB = 0$$

$$A = \frac{a_m P}{R^2 T^{2.5}}, B = \frac{b_m P}{RT} \quad (2)$$

مقادیر a_m و b_m نیز با استفاده از قوانین اختلاط از طریق معادله های 3 و 4 بصورت زیر بدست می آیند:

$$a_m = \left[\sum_{i=1}^n x_i a_i^{0.5} \right]^2 \quad (3)$$

$$b_m = \sum_{i=1}^n [x_i b_i] \quad (4)$$

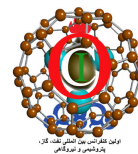
برای گازها در معادلات 3 و 4 به جای x_i از y_i (درصد مولی اجزای ترکیب گازی) استفاده می شود.

1-2: معادله حالت SRK دو پارامتری

این معادله توسط Soave در سال 1972 با ایجاد تغییراتی در عبارت فشار جاذب معادله حالت RK بصورت معادله 5 در ذیل مطرح گردید:^[3]

اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a\alpha}{V(V+b)} \quad (5)$$

که در آن α یک ضریب بدون بعد بوده و بصورت معادله 6 در زیر تعریف می شود:

$$\alpha = (1+m(1-T_r^{0.5}))^2 \quad (6)$$

$$m = 0.480 + 1.574\omega - 0.176\omega^2$$

$$a = \Omega_a \frac{R^2 T_c^2}{P_c}, b = \Omega_b \frac{RT_c}{P_c}$$

$$\Omega_a = 0.42747, \Omega_b = 0.08664$$

مقادیر a و b نیز بصورت روبرو می باشند:

او با وارد کردن ضریب تراکم پذیری (Z) در معادله 5 از طریق جایگزینی حجم مولی (v) با عبارت ZRT/P و مرتب کردن آن، معادله 7 را بصورت زیر بر حسب ضریب تراکم پذیری مطرح کرد:^[3]

$$Z^3 - Z^2 + (A - B - B^2)Z - AB = 0 \quad (7)$$

$$A = \frac{(a\alpha)p}{R^2 T^2}, B = \frac{bp}{RT}$$

که در آن A و B بصورت روبرو تعریف گردیده اند:

برای مخلوطهای هیدروکربنی روابط A و B بصورت روبرو می باشند:

$$A = \frac{(a\alpha)_m p}{R^2 T^2}, B = \frac{b_m p}{RT}$$

مقادیر $(a\alpha)_m$ و b_m نیز با استفاده از قوانین اختلاط پذیرفته شده توسط Soave بصورت معادله های 8 و 9 در ذیل می باشند:^[3]

$$(a\alpha)_m = \sum_i \sum_j [x_i x_j (a_i a_j \alpha_j \alpha_j)^{0.5} (k_{ij} - 1)] \quad (8)$$

$$b_m = \sum_i [x_i b_i] \quad (9)$$

پارامتر k_{ij} در بالا یک ضریب تصحیح است که بصورت تجربی تعیین شده و ضریب تاثیر بر هم کنش متقابل دوتایی نامیده می شود.

3-1: معادله حالت SRK سه پارامتری

این معادله توسط Peneloux و همکاران در سال 1982 با استفاده از یک پارامتر تصحیح حجم (C_i) در معادله حالت SRK بصورت معادلات 10 و 11 در ذیل برای بهبود پیش بینی های حجمی مطرح شد:^[3]

$$V^L_{cor} = V^L - \sum_i (x_i c_i) \quad (10)$$

$$V^v_{cor} = V^v - \sum_i (y_i c_i) \quad (11)$$

پارامتر C_i نیز توسط معادله 12 بصورت زیر تعریف می شود:^[3]

$$c_i = 4.43797878(0.00261 + 0.928\omega_i) \frac{T_{ci}}{P_{ci}} \quad (12)$$

سایر معادلات مربوط به SRK سه پارامتری مشابه معادله SRK دو پارامتری است. برای مخلوط ها نیز قوانین اختلاط 8 و 9 استفاده می شود.

4-1: معادله حالت PR دو پارامتری

این معادله در سال 1975 میلادی توسط Peng و Robinson برای پیش بینی مقدار دقیق تر ضریب تراکم پذیری، جرم ویژه مایع و دیگر خواص سیال نسبت به معادلات قبل خصوصاً در شرایط نزدیک به نقطه بحرانی با توجه به ایجاد تغییراتی در معادله SRK بصورت معادله 13 در ذیل مطرح گردید: [3]

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a\alpha}{(V+b)^2 - cb^2} \quad (13)$$

c در معادله بالا یک عدد صحیح بهینه بوده که از تحلیل ضریب تراکم پذیری بحرانی (Z_c) و نسبت b/V_c این معادله بدست می آید. بر مبنای مقدار بهینه $c=2$ ، Peng و Robinson معادله حالت 14 را بصورت زیر مطرح کردند: [3]

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a\alpha}{V(V+b) + b(V-b)} \quad (14)$$

$$a = \Omega_a \frac{R^2 T_c^2}{P_c}, b = \Omega_b \frac{RT_c}{P_c}$$

$$\Omega_a = 0.45724, \Omega_b = 0.07780$$

که در آن مقادیر a و b در معادله بالا بصورت روبرو می باشند:

Peng و Robinson همچنین روش Soave را برای محاسبه α پذیرفتند که به صورت معادله 15 در ذیل میباشد: [3]

$$\alpha = (1 + m(1 - T_r^{0.5}))^2$$

$$m = 0.3746 + 1.5423\omega - 0.2699\omega^2 \quad (15)$$

آنها معادله 13 را بعد از جایگزینی عبارت ZRT/P به جای حجم مولی (v) بصورت معادله 16 در ذیل مطرح نمودند: [3]

$$Z^3 + (B-1)Z^2 + (A-3B^2-2B)Z - (AB-B^2-B^3) = 0 \quad (16)$$

$$A = \frac{(a\alpha)_m P}{R^2 T^2}, B = \frac{b_m P}{RT}$$

که در آن A و B برای مخلوطها بصورت روبرو می باشند:

5-1: معادله حالت PR سه پارامتری

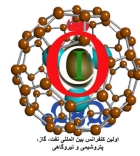
Jhaveri و youngren پارامترسومی برای تصحیح حجم بنام c_i بصورت رابطه 17 در ذیل مطرح نمودند: [4]

$$c_i = S_i b_i \quad (17)$$

در رابطه بالا S_i پارامتر انتقال نامیده می شود که برای هر جزء دارای مقدار مشخص تجربی است.

حجم های فازهای هیدروکربنی تصحیح شده، توسط روابط 18 و 19 در ذیل داده شده اند: [4]

$$V_{corr}^L = V^L - \sum_i (x_i c_i) \quad (18)$$



$$V_{cor}^v = V^v - \sum_i (y_i c_i) \quad (19)$$

بعدها تصحیحات بسیاری توسط محققین در معادله حالت پنگ رابینسون سه پارامتری (PR-3) به دلیل اهمیت و دقت آن ایجاد گردید. [6 و 7]

6-1: معادله حالت SW

این رابطه در سال 1980 میلادی با معرفی فشار جاذبی که ضریب خارج از مرکزی (ω) در آن مشارکت دارد بصورت معادله 20 در ذیل مطرح شد: [8]

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^3 + (1+3\omega)bV - 3\omega b^2} \quad (20)$$

$$a = \Omega_a \left(\frac{R^2 T_c^2}{P_c} \right) \alpha, b = \Omega_b \left(\frac{RT_c}{P_c} \right)$$

$$\Omega_a = (1 - \xi_c [1 - \beta_c])^3, \Omega_b = \beta_c \xi_c$$

که در آن a و b در معادله بالا بصورت روبرو تعریف شده اند:

$$(6\omega+1)\beta_c^3 + 3\beta_c^2 + 3\beta_c - 1 = 0$$

پارامتر β_c کوچکترین ریشه مثبت معادله روبروست:

ξ_c نیز از رابطه روبرو بدست می آید:

$$\xi_c = \frac{1}{3(1 + \beta_c \omega)}$$

آنها معادله 20 را بر حسب ضریب تراکم پذیری بصورت معادله 21 در ذیل مطرح نمودند: [3]

$$Z^3 + (UB - B - 1)Z^2 + (WB^2 - UB^2 - UB + A)Z - (WB^3 + WB^2 + AB) = 0 \quad (21)$$

$$A = \frac{a_m P}{R^2 T^2}, B = \frac{b_m P}{RT}$$

$$U = 1 + 3\omega_m, W = -3\omega_m$$

که در آن A و B و U و W بصورت زیر می باشند:

آنها معادلات 22 و 23 و 24 را به عنوان قوانین اختلاط برای محاسبه پارامترهای a_m ، b_m و ω_m مطرح نمودند: [3]

$$a_m = \sum_{i=1} \sum_{j=1} [x_i x_j (a_i a_j)^{0.5} (1 - k_{ij})] \quad (22)$$

$$b_m = \sum_i [x_i b_i] \quad (23)$$

$$\omega_m = \frac{\left[\sum_i (\omega_i x_i b_i^{0.7}) \right]}{\left[\sum_i (x_i b_i^{0.7}) \right]} \quad (24)$$

با توجه به اهمیت ضریب تراکم پذیری در تبیین رفتار گاز مطابق با واقعیت آن ، در این مقاله به بررسی معادله حالتی پرداخته شده که برای سیالات گازی کشور با استناد به 6 نمونه سیال از 6 چاه مربوط به سازند های مختلف یکی از مخازن گاز میعانی کشور دقیق ترین مقدار ضریب تراکم پذیری را نسبت به حالت واقعی محاسبه کند.

3- مراحل انجام کار

در کار انجام شده همانطور که اشاره شد شش نمونه سیال از 6 چاه مربوط به یکی از مخازن گاز میعانی کشور با در اختیار قرار داشتن مقادیر ضریب تراکم پذیری آزمایشگاهی حاصل از آزمایش تخلیه در حجم ثابت در فشارهای مختلف مورد استفاده قرار گرفت. برای هر سیال مقادیر ضریب تراکم پذیری نیز با استفاده از شش معادله حالت بیان شده محاسبه گردیده و با مقدار واقعی از طریق رابطه ریشه دوم میانگین حسابی (Root Mean Square) بصورت معادله 25 در ذیل محاسبه گردید:

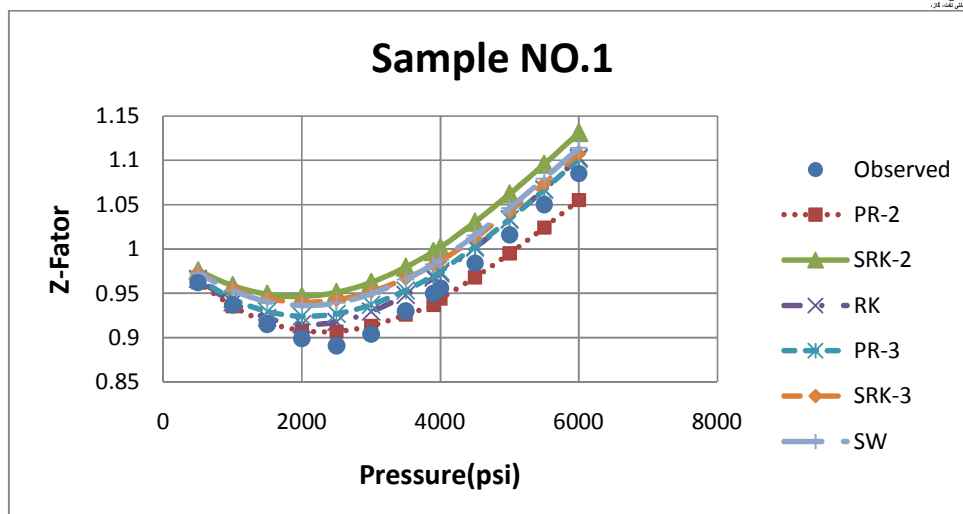
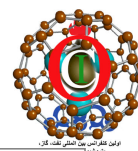
$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_{obs}} \left(\frac{(obs - calc)}{obs} \right)^2}{n_{obs}}} \quad (25)$$

در معادله بالا Obs بیانگر مقدار مشاهده شده (آزمایشگاهی) ضریب تراکم پذیری ، calc بیانگر مقدار محاسبه شده توسط

معادله حالت مربوطه در فشار مورد نظر و n_{obs} تعداد ضریب های تراکم پذیری مشاهده ای (آزمایشگاهی) موجود برای هر سیال در طی مراحل مختلف افت فشار در آزمایش تخلیه در حجم ثابت بود. هر معادله حالتی که مقدار ریشه دوم میانگین حسابی آن برای یک سیال مورد نظر از سایر معادلات کمتر می شد برای آن سیال، معادله حالت بهینه برای محاسبه ضریب تراکم پذیری تلقی می شد چون مقادیر محاسبه شده توسط آن معادله کمترین اختلاف را با مقادیر واقعی داشت.

3-1: نمونه سیال شماره 1

این سیال مربوط به مخزن گاز میعانی A می باشد. ترکیب کلی این سیال در جدول 1 در انتهای مقاله آمده است. همچنین میزان انحراف از مقادیر واقعی ضریب تراکم پذیری، حاصل از آزمایش تخلیه در حجم ثابت مربوط به سیال شماره 1 که توسط متوسط معادلات حالت مختلف محاسبه شده در جدول 2 در انتهای مقاله آمده است. همانطور که در جدول 2 دیده می شود کمترین ریشه دوم میانگین حسابی مربوط به معادله حالت پنگ-رابینسون دو پارامتری (PR-2) است. شکل ضریب تراکم پذیری بر حسب فشار برای حالت مشاهده ای و محاسبه شده توسط معادلات حالت مختلف نیز در نمودار 1 در آمده است.

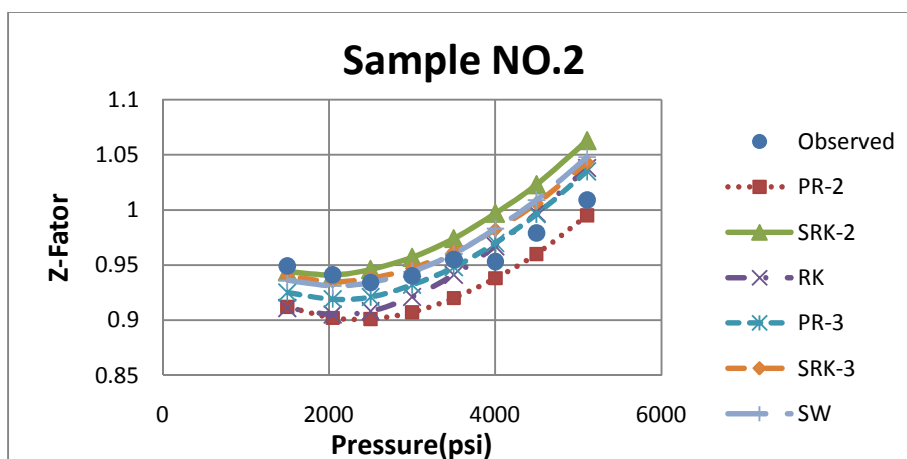


نمودار 1: ضریب تراکم پذیری بر حسب فشار برای حالت مشاهده ای و محاسبه شده توسط معادلات حالت مربوط به سیال شماره 1

2-3: نمونه سیال شماره 2

این سیال مربوط به مخزن گازمیعانی B می باشد ترکیب کلی این سیال در جدول 1 در انتهای مقاله آمده است. همچنین میزان انحراف از مقادیر واقعی ضریب تراکم پذیری، حاصل از آزمایش تخلیه در حجم ثابت مربوط به سیال شماره 2 که توسط توسط معادلات حالت مختلف محاسبه شده در جدول 2 آمده است:

همانطور که در این جدول مشاهده می شود کمترین ریشه دوم میانگین حسابی مربوط به معادله حالت پنگ-رابینسون سه پارامتری (PR-3) است. شکل ضریب تراکم پذیری بر حسب فشار برای حالت مشاهده ای و محاسبه شده توسط معادلات حالت مختلف نیز در نمودار 2 آمده است.

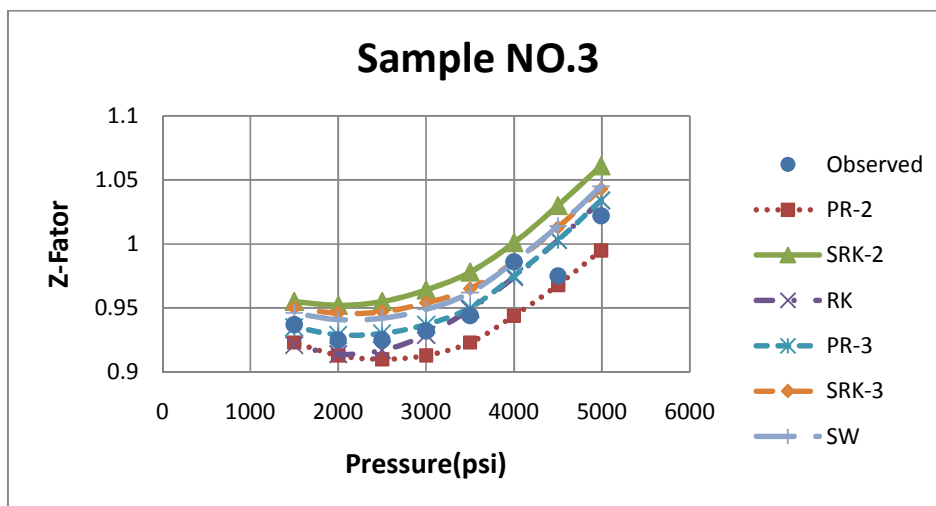


نمودار 2: ضریب تراکم پذیری بر حسب فشار برای حالت مشاهده ای و محاسبه شده توسط معادلات حالت مربوط به سیال شماره 2

3-3: نمونه سیال شماره 3

این سیال مربوط به مخزن گازمیعانی C می باشد ترکیب کلی این سیال در جدول 1 در انتهای مقاله آمده است.

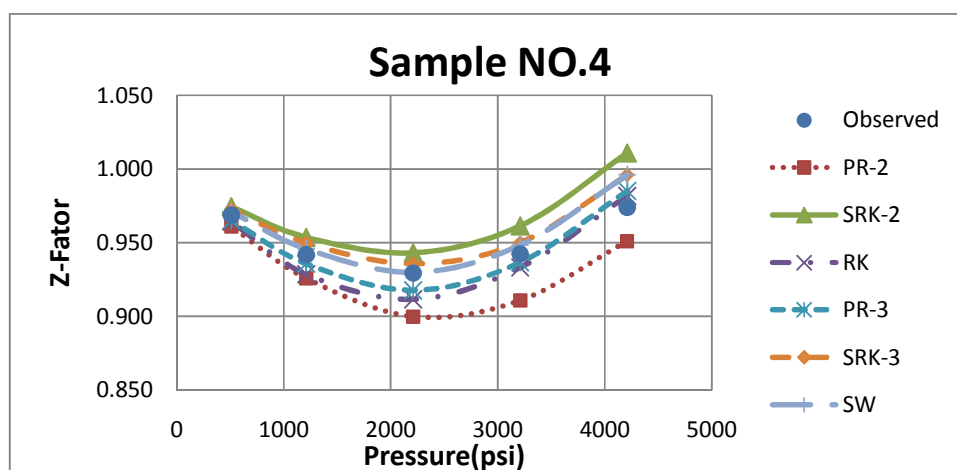
همچنین میزان انحراف از مقادیر واقعی ضریب تراکم پذیری، حاصل از آزمایش تخلیه در حجم ثابت مربوط به سیال شماره 3 که توسط متوسط معادلات حالت مختلف محاسبه شده در جدول 2 در آمده است. همانطور که در این جدول مشاهده می شود کمترین ریشه دوم میانگین حسابی مربوط به معادله حالت پنگ-راینسون سه پارامتری (PR-3) است. شکل ضریب تراکم پذیری بر حسب فشار برای حالت مشاهده ای و محاسبه شده توسط معادلات حالت مختلف نیز در نمودار 3 آمده است.



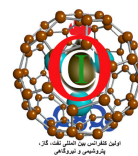
نمودار 3: ضریب تراکم پذیری بر حسب فشار برای حالت مشاهده ای و محاسبه شده توسط معادلات حالت مربوط به سیال شماره 3

3-4: نمونه سیال شماره 4

این سیال مربوط به مخزن گازمیعانی D می باشد. ترکیب کلی این سیال در جدول 1 در انتهای مقاله آمده است. همچنین میزان انحراف از مقادیر واقعی ضریب تراکم پذیری، حاصل از آزمایش تخلیه در حجم ثابت مربوط به سیال شماره 4 که توسط متوسط معادلات حالت مختلف محاسبه شده در جدول 2 در آمده است. همانطور که در این جدول مشاهده می شود کمترین ریشه دوم میانگین حسابی مربوط به معادله حالت پنگ-راینسون سه پارامتری (PR-3) است. شکل ضریب تراکم پذیری بر حسب فشار برای حالت مشاهده ای و محاسبه شده توسط معادلات حالت مختلف نیز در نمودار 4 آمده است.

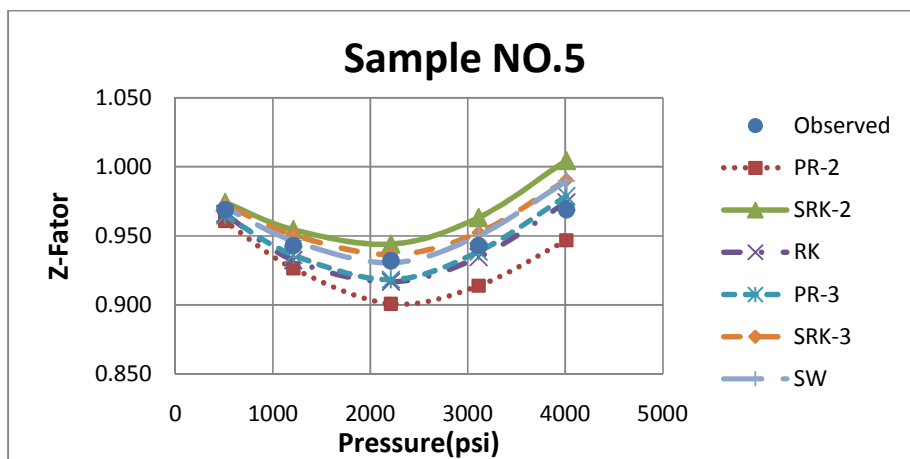


نمودار 4: ضریب تراکم پذیری بر حسب فشار برای حالت مشاهده ای و محاسبه شده توسط معادلات حالت مربوط به سیال شماره 4



3-5: نمونه سیال شماره 5

این سیال مربوط به مخزن گازمیعانی E می باشد. ترکیب کلی این سیال در جدول 1 در انتهای مقاله آمده است. همچنین میزان انحراف از مقادیر واقعی ضریب تراکم پذیری، حاصل از آزمایش تخلیه در حجم ثابت مربوط به سیال شماره 5 که توسط متوسط معادلات حالت مختلف محاسبه شده در جدول 2 در آمده است. همانطور که در این جدول مشاهده می شود کمترین ریشه دوم میانگین حسابی مربوط به معادله حالت پنگ-رابینسون سه پارامتری (PR-3) است. شکل ضریب تراکم پذیری بر حسب فشار برای حالت مشاهده ای و محاسبه شده توسط معادلات حالت مختلف نیز در نمودار 5 در انتهای مقاله آمده است.

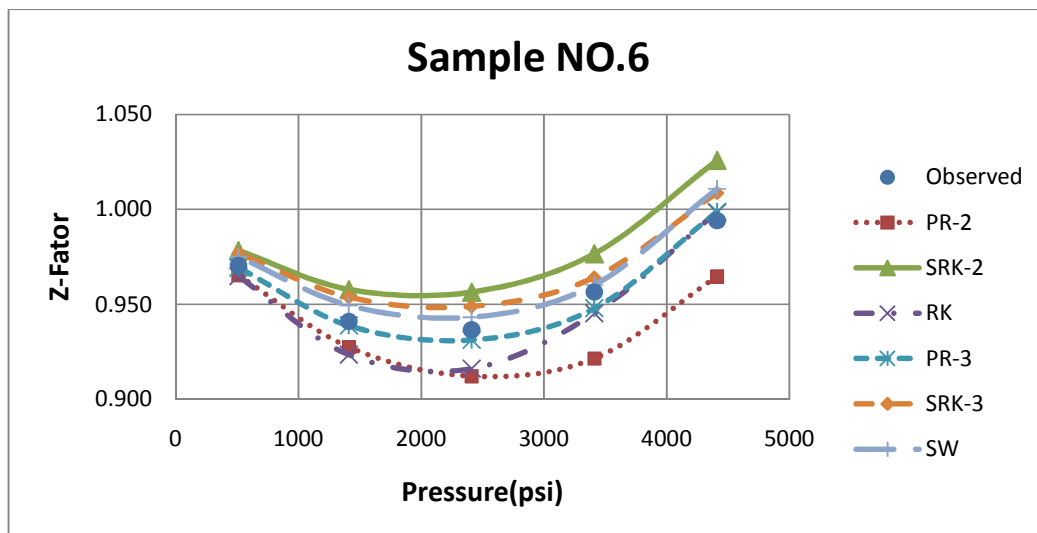


نمودار 5: ضریب تراکم پذیری بر حسب فشار برای حالت مشاهده ای و محاسبه شده توسط معادلات حالت مربوط به سیال شماره 5

3-6: نمونه سیال شماره 6

این سیال مربوط به مخزن گازمیعانی F می باشد. ترکیب کلی این سیال در جدول 1 آمده است. همچنین میزان انحراف از مقادیر واقعی ضریب تراکم پذیری، حاصل از آزمایش تخلیه در حجم ثابت مربوط به سیال شماره 6 که توسط متوسط معادلات حالت مختلف محاسبه شده در جدول 2 در آمده است.

همانطور که در این جدول مشاهده می شود کمترین ریشه دوم میانگین حسابی مربوط به معادله حالت پنگ-رابینسون سه پارامتری (PR-3) است. شکل ضریب تراکم پذیری بر حسب فشار برای حالت مشاهده ای و محاسبه شده توسط معادلات حالت مختلف نیز در نمودار 6 آمده است. در پایان نیز معادله حالت بهینه برای هر نمونه سیال و معادله حالت بهینه نهایی در جدول 3 در صفحه بعد آمده است.



نمودار 6: ضریب تراکم پذیری بر حسب فشار برای حالت مشاهده ای و محاسبه شده توسط معادلات حالت مربوط به سیال شماره 6

جدول 1: ترکیب کلی انواع سیالات مخازن گاز میعانی مورد استفاده

Component	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.6
N2	5.32	4.69	3.66	5.56	5.41	5.47
CO2	0.70	0.35	0.83	0.6	0.69	0.44
C1	86.00	86.92	87.19	85.19	85.15	85.48
C2	3.49	3.65	3.58	3.57	3.46	3.5
C3	1.40	1.43	1.45	1.54	1.48	1.46
iC4	0.35	0.34	0.34	0.37	0.38	0.37
nC4	0.52	0.51	0.51	0.57	0.59	0.58
iC5	0.28	0.24	0.23	0.27	0.29	0.28
nC5	0.18	0.19	0.2	0.23	0.28	0.23
C6	0.40	0.20	0.3	0.27	0.33	0.16
C7+	1.36	1.48	1.71	1.83	1.94	2.03
MWC7+	213	212	156.4	129.23	125.15	143.86
SGC7+	0.8314	0.8218	0.78	0.7729	0.7685	0.7863

جدول 2: میزان انحراف از داده های ضریب تراکم پذیری واقعی مربوط انواع سیالات

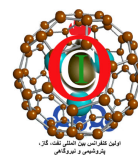
Sample Number	EOS	PR-2	SRK-2	RK	PR-3	SRK-3	SW
1	RMS	(Min) 0.01506	0.04488	0.01709	0.02104	0.03247	0.03235
2	RMS	0.02687	0.03113	0.02238	0.01588 (Min)	0.01867	0.02101
3	RMS	0.02354	0.02939	0.008737	0.00721 (Min)	0.01753	0.01635
4	RMS	0.02308	0.02026	0.01133	0.00814 (Min)	0.01131	0.01045
5	RMS	0.0227	0.0198	0.0094	0.0083 (Min)	0.0112	0.0100
6	RMS	0.0240	0.0205	0.0132	0.0051 (Min)	0.0108	0.0091

جدول 3: معادله حالت بهینه برای هر سیال و معادله حالت بهینه نهایی

معادله حالت بهینه	نام سیال
پنگ-رابینسون دو پارامتری (PR-2)	سیال شماره 1

اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



سیال شماره 2	پنگ-رابینسون سه پارامتری (PR-3)
سیال شماره 3	پنگ-رابینسون سه پارامتری (PR-3)
سیال شماره 4	پنگ-رابینسون سه پارامتری (PR-3)
سیال شماره 5	پنگ-رابینسون سه پارامتری (PR-3)
سیال شماره 6	پنگ-رابینسون سه پارامتری (PR-3)
سیال گاز میعانی مخازن مورد استفاده بطور کلی	* پنگ-رابینسون سه پارامتری (PR-3)

*: معادله حالت بهینه نهایی

4- نتیجه گیری و پیشنهادات

در این مقاله به بررسی تعیین بهترین معادله حالت جهت تعیین ضریب تراکم پذیری سیالات گاز میعانی پرداخته شد. برای این منظور از شش نمونه سیال مربوط به شش مخزن گاز میعانی مختلف کشور استفاده شد و شش معادله حالت برای هر نمونه سیال مورد بررسی قرار گرفت که خود هر سیال نیز دارای چند ضریب تراکم پذیری معین بواسطه اندازه گیری های آزمایشگاهی مربوط به آزمایش تخلیه در حجم ثابت بود. پس از بررسی های مختلف، معادله حالت پنگ رابینسون سه پارامتری (PR-3) به عنوان معادله حالت بهینه جهت تعیین ضریب تراکم پذیری در غیاب داده های آزمایشگاهی تعیین گردید. به نظر می رسد برای سایر مخازن گازی کشور نیز این نتیجه نیز صادق باشد. با توجه به محدودیت داده ها که فقط مربوط به شش مخزن بودند به عنوان پیشنهاد توصیه می شود اولاً همین کار بر روی سیال گازی چند مخزن دیگر کشور صورت گرفته و نتایج حاصله بررسی شود. ثانیاً معادلات حالت جدید نظیر معادلات حالت Patel-Teja ، Kubic ، Heyen^[10,11] نیز علاوه بر معادلات حالت فوق مورد بررسی قرار گیرند چون متاسفانه این معادلات علیرغم توانمندی فراوان هنوز وارد نرم افزارهای PVT نشده اند.

مراجع

- 1-Fasesan, S. O., Olukini, O. O. & Adewumi, O. O. (2003). "Characteristics of Gas Condensate". Petroleum Science and Technology, vol. 21, pp 81-90
- 2-Dawe R. A., Grattoni C. A. (2007). "Fluid flow behavior of gas condensate and near miscible fluids at the pore scale". Journal of Petroleum Science and Engineering, vol. 55, pp 228-236
- 3- شهیدی ب. و نعیمی تاجدار ر.، "رفتار فازی هیدروکربن ها"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد، 1376
- 4-Jhaveri, B.S. and Youngren, G.K. (1984). "Three-Parameter Modification of the Peng-Robinson Equation of State to Improvement Volumetric Predictions", Paper SPE 13118
- 5-Ahmed, T. (1988). "A Practical Modification of the Peng-Robinson Equation of State", Paper SPE 18532



- 6-Stryjec,R. and Vera, J.H. (1986). "PRSV:An Improvement Peng-Robinson Equation of State for Pure Component and Mixtures", Canadian J. Chem Eng. ,Vol. 64 ,PP 323-333
- 7- Slot-Peterson , C. (1987). "A Systematic and Consistent Approach to Determine Binary Interaction Coefficient for the Peng-Robinson Equation of State" , Paper SPE 16941
- 8-Schmidt ,G. and Wenzel , H. (1980). "A modified Van der Waals Type Equation of State " , Chem. Eng. Sci., Vol 135, PP. 1503-1512
- 9-Heyen, G. (1980). "A Cubic Equation of State With Extended Range of Application" , Chemical Engineering Thermodynamics
- 10-Kubic , W. L. J. (1982). "A Modification of the Martin Equation of State for Calculating Vapor-Liquid Equilibria " ,Fluid Phase Equilibria, Vol. 9, PP. 79-97
- 11-Patel, N. and Teja, A. (1982). "A New Cubic Equation of State for Fluids and Fluid Mixtures" , Chemical Engineering Science, Vol. 37 , No.3 ,PP. 463-473