ارائه روش جدیدی برای تعیین پارامترهای تابع توزیع برش C_{7+} برای چند نمونه نفت خام ایران

سید فواد آقامیری*، لیلا کاوشی، فرنوش گودرزی

اصفهان، دانشگاه اصفهان، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی شیمی

پیام‌نگار: **aghamiri@petr.ui.ac.ir**

چکیده

در این تحقیق، روش جدیدی برای محاسبه ثوابت تابع توزیع ریاضی[1] که یک تابع دوپارامتری بر اساس تابع گاوس می‌باشد، ارائه شده است. در این روش، با استفاده از خواص توده‌ای نفت خام و برش C_{7+}، این پارامترها محاسبه می‌شوند. روش پیشنهادی ریاضی برای محاسبه پارامترها نیاز به داده‌های ضریب شکست نور دارد که عملاً برای برش‌های سنگین قابل اندازه‌گیری نیست، در حالی که روش جدید، این محدودیت را ندارد. کارایی روش پیشنهاد شده در این تحقیق، با انجام محاسبات بر روی داده‌های در دسترس، ۸ نمونه نفت خام ایران، سنجیده شده است. نتایج بیانگر افزایش دقت محاسبات با استفاده از روش جدید نسبت به روش ریاضی می‌باشد.

کلمات کلیدی: مشخصه‌سازی، برش C_{7+}، توابع توزیع، تفکیک، یکپارچه‌سازی

مقدمه

سیالات نفتی در دسته مخلوط‌های پیچیده قرار می‌گیرند. یک مخلوط پیچیده به مخلوطی اطلاق می‌شود که خانواده‌های مختلف از ترکیبات با خواص مولکولی متمایز در آن وجود داشته باشند. اطلاع داشتن از رفتار فازی و خواص فیزیکی و ترموفیزیکی این مخلوط‌ها در مطالعه جریان نفت و گاز، تولید نفت و گاز طبیعی، شبیه‌سازی مخازن آنها، انتقال، فراوری، صنایع پالایش، سرعت تولید و روش‌های ازدیاد برداشت ضروری است و همواره مورد توجه مهندسین بوده است [۱].

معمولاً در آنالیز یک نمونه نفت خام یا برش نفتی ترکیب درصد اجزای سبک شامل C_1 تا C_7 را تعیین و مابقی به عنوان برش سنگین در نظر گرفته می‌شوند. برش‌های سنگین هیدروکربنی بخش مهمی از سیالات هیدروکربنی طبیعی هستند و هنگام تعیین خواص ترمودینامیکی و تعیین رفتار حجمی‌شان توسط معادله‌های حالت، مشکلات عمده‌ای را باعث می‌شوند. محققین زیادی نشان داده‌اند که هنگام استفاده از معادله‌های حالت برای محاسبات می‌توان خطاهای ناشی از پیش‌بینی خواص برش C_{7+} را به میزان قابل توجهی به دو روش تفکیک[2] و یکپارچه‌سازی[3] برش سنگین کاهش داد. در تفکیک، برش C_{7+} به گروه‌های هیدروکربنی با یک عدد کربن منفرد تقسیم می‌شود، مثل C_7، C_8 یا C_9، خواص فیزیکی این گروه‌ها، مشابه اجزای خالص توصیف می‌شوند. یکپارچه‌سازی به کاهش تعداد اجزای مورد استفاده در

1. Riazi

2. Splitting
3. Lumping

محاسبات معادلات حالت گفته می‌شود، این کاهش با استفاده از مفهوم شبه جزء صورت می‌گیرد. یک شبه جزء مشخص‌کننده گروهی از اجزای خالص همراه یکدیگر است که با یک جزء منفرد نمایش داده می‌شوند [۲].

در [۳] مشخصه‌سازی گازهای میعانی با یک معادله حالت جدید انجام و رفتار فازی مخلوط هیدروکربنی تعیین و نتایج با معادله SRK مقایسه شده است. در [۴] یک روش مشخصه‌سازی جدید برای پیش‌بینی فشار اشباع یک مخزن نفتی برای محاسبات EOR ارائه شده است. در [۵] با ارزیابی کلی روابط تجربی موجود برای پیش‌بینی PVT سیالات مخزنی، آنها را اصلاح و برای نفت خاورمیانه کارایی آنها افزایش داده شده است. در [۱] نشان داده شده است که انتخاب روش مشخصه‌سازی تا چه حد قادر به افزایش دقت پیش‌بینی‌ها برای تخمین خواص فیزیکی و رفتار فازی برش‌های نفتی می‌باشد. در [۶] یک روش جدید برای گسترش روابط موجود در زمینه پیش‌بینی ترکیب اجزای نفتی و مخلوط‌های هیدروکربنی خالص بر پایه استفاده از داده‌های ویژه هیدروکربن‌های خالص ارائه شده است. در [۷] توسط شبکه عصبی مصنوعی (ANN) مشخصه‌سازی خواص اساسی از جمله وزن مولکولی و خواص بحرانی برای اجزای خالص و برش‌های نفتی بر حسب نقطه جوش و چگالی مایع در ۲۹۳ کلوین انجام شده است. روش جدیدی برای استخراج و پیش‌بینی خواص برش‌های سبک نفتی از داده‌های ASTM در [۸] ارائه داده شده است که بر خلاف سایر روش‌های موجود فقط نیاز به اطلاعات تقطیر اتمسفریک دارد. در [۹] روش جدیدی برای مشخصه‌سازی با استفاده از شکل منحنی TBP مطرح شده است که در آن از یک تابع گامای دو پارامتری جهت برازش داده‌های TBP استفاده شده و از این طریق پارامترهای مشخصه‌سازی این تابع حاصل شده است.

در این مقاله، ابتدا پارامترهای تابع توزیع ریاضی [۱۰,۱۱] با روش پیشنهادی او برای ۸ نمونه از نفت خام ایران محاسبه شده است. سپس با استفاده از برازش داده‌های آزمایشگاهی، همبسته‌های جدیدی برای محاسبه این پارامترها ارائه شده است. نتایج پیش‌بینی برای خواص توده‌ای برش C_{7+} ۸ نمونه نفت خام بیانگر کارایی بالاتر همبسته‌های جدید می‌باشد.

تابع توزیع ریاضی

ریاضی [۱۱] از یک بانک اطلاعاتی جمع‌آوری شده از خواص ۶۸ برش C_{7+} توسط ویتسون[1] و همکارانش برای توسعه تابع توزیع خود استفاده کرد. خواص این ۶۸ نمونه شامل نقطه جوش، وزن مولکولی و چگالی نسبی به علاوه درصد حجمی و وزنی برای هر گروه هیدروکربنی است. ریاضی با آنالیز گسترده روی داده‌های این نمونه‌ها و بر اساس معادله ویتسون که یک تابع توزیع گامایی سه پارامتری برای بیان جرم مولکولی اجزاء C_{7+} است، معادله تعمیم یافته‌ای به شکل زیر به دست آورد [۱۱]:

$$P^* = (\frac{A}{B}\ln(\frac{1}{x^*}))^{1/B} \quad (۱)$$

که در آن:

$$P^* = \frac{P - P_0}{P_0} \quad (۲)$$

$$x^* = 1 - x \quad (۳)$$

در صورتی که معادله (۱) به صورت خطی نوشته شود خواهیم داشت:

$$Y = C_1 + C_2 X \quad (۴)$$

که در آن:

$$Y = LnP^* \quad (۵)$$

$$X = LnLn(\frac{1}{x^*}) \quad (۶)$$

$$B = 1/C_2 \quad (۷)$$

$$A = B.\exp(C_1 B) \quad (۸)$$

در معادلات بالا P هر خاصیت ترمودینامیکی مانند دمای جوش (T_b) بر حسب کلوین، وزن مولکولی (M)، چگالی نسبی (SG)، دانسیته (d) و شاخص شکست نور (I) است. همچنین P_0 پارامتر مدل می‌باشد که از نظر فیزیکی بیانگر خاصیت مورد نظر برای سبک‌ترین جزء موجود

1. Whitson

در برش می‌باشد. A و B ثابت‌های معادله‌اند که برای هر خاصیت جداگانه محاسبه می‌شوند. همچنین x کسر (حجمی، وزنی یا مولی) تجمعی می‌باشد.

ریاضی پیشنهاد کرد که برای خواص چگالی نسبی، دانسیته و شاخص شکست نور از کسرهای تجمعی وزنی یا حجمی و برای خاصیت وزن مولکولی از کسر تجمعی مولی سیال استفاده شود[۱۰]. مطالعات انجام شده توسط او نشان داد که می‌توان ثابت B را برای هر خاصیت مستقل از نوع برش مطابق جدول (۱) در نظر گرفت، ریاضی با معرفی دو الگوریتم نشان داد که می‌توان به سادگی و با حداقل داده‌های موجود ثابت‌های تابع توزیع معرفی شده در معادله (۱) را به دست آورد[۱۰]. در ضمیمه این مقاله، یکی از دو الگوریتم پیشنهادی برای محاسبه پارامترهای مدل با در دست بودن وزن مولکولی، چگالی نسبی و شاخص شکست نور ارائه شده است.

ثابت‌های تابع توزیع ریاضی (مقادیر پارامترهای A و P_0) برای برش C_{7+} ۸ نمونه از نفت‌های خام ایران که از شرکت ملی نفت مناطق مرکزی ایران دریافت شد و به روش معرفی شده در ضمیمه این مقاله محاسبه شده‌اند[۱۱]. مشخصات نمونه‌ها در جدول (۲) آورده شده و آزمایشات لازم توسط پژوهشگاه صنعت نفت ایران انجام پذیرفته، همچنین آنالیز آزمایشگاهی Tb و SG برای کسرهای وزنی و حجمی مختلف برای هر نمونه نفت خام نیز از پژوهشگاه صنعت نفت ایران دریافت شده است. پارامترهای تابع توزیع محاسبه شده به روش ریاضی در جدول (۳) آورده شده‌اند[۱۰].

جدول ۱ـ پارامترهای تابع توزیع معادله (۱)

خاصیت	d	I	T_b	SG	M
نماد	B_d	B_I	B_T	B_S	B_M
مقدار	۳	۳	۳	۱/۵	۱
کسر تجمعی برای محاسبه ثابت B	وزنی	وزنی	وزنی	وزنی	مولی

جدول ۲ـ داده‌های آزمایشگاهی برای ۸ نمونه نفت خام ایران

خاصیت	آزمایش	نمونه							
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
درصد وزنی برش هپتان و سنگین‌تر	تقطیر میکرو	۹۳/۱۵	۸۸/۳۳	۸۹/۷۳	۹۱/۶۳	۹۱/۶۷	۹۱/۰۱	۹۴/۶۰	۹۷/۸
چگالی مخصوص ۱۵/۵۶°C / ۱۵/۵۶°C نفت خام	ASTM ۴۰۵۲ D-	۰/۸۸۵۰	۰/۸۰۸۰	۰/۸۱۰۰	۰/۸۲۶۸	۰/۸۵۸۶	۰/۸۱۴۶	۰/۹۴۴۳	۰/۹۷۸۳
چگالی مخصوص ۱۵/۵۶°C / ۱۵/۵۶°C برش هپتان و سنگین تر	ASTM D-۴۰۵۲	۰/۹۰۰۶	۰/۸۲۸۰	۰/۸۳۱۹	۰/۸۴۳۲	۰/۸۸۲۳	۰/۸۳۲۱	۰/۹۵۹۵	۰/۹۸۸۶
ویسکوزیته سینماتیک در ۴۰°C برش هپتان و سنگین‌تر (cSt)	ASTM D-۴۴۵	۱۴/۰۰	۲/۷۲۱	۲/۵۱۵	۴/۰۶۰	۷/۳۹۳	۳/۲۳۰	۱۱۶/۴	۴۴۱/۱
ویسکوزیته سینماتیک در ۴۰°C نفت خام (cSt)	ASTM D-۴۴۵	۹/۰۸۳	۲/۱۹۵	۲/۱۳۵	۳/۱۶۹	۵/۳۹۷	۲/۴۹۱	۶۲/۹۳	۴۴۷/۹
وزن مولکولی برش هپتان و سنگین‌تر	IP-۸۶	۲۴۰	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۵	۲۴۵	۱۷۰	۲۸۰	۳۴۰
نقطه جوش حجمی برش هپتان و سنگین‌تر (°C)	محاسبه شده	۳۸۳/۰	۲۶۷/۲	۲۶۸/۴	۳۰۵/۶	۳۵۰	۳۰۱/۵	۴۸۹/۵	۵۲۱/۰
نقطه جوش متوسط حجمی نفت خام (°C)	محاسبه شده	۳۵۴/۳	۲۲۴/۰	۲۳۹/۰	۳۸۳/۳	۳۱۸/۳	۲۹۸/۳	۴۱۹/۸	۴۷۹/۹

جدول ۳ـ پارامترهای تابع توزیع ریاضی برای برش سنگین ۸ نمونه نفت خام ایران

نمونه	M_0	A_M	S_0	A_S	T_0	A_T	I_0	A_I
۱	۷۲	۲/۳۳۳۱	۰/۶۴۵	۰/۲۹۵۰	۳۵۹	۱/۰۱۸۰	۰/۲۷۵	-۰/۰۰۷۷۳
۲	۷۲	۱/۴۹۹۸	۰/۵۹۵	۰/۲۸۴۴	۳۵۰/۵	۰/۵۳۷۸	۰/۲۵۰	۰/۰۰۰۴۴
۳	۷۲	۱/۴۹۹۸	۰/۵۹۵	۰/۲۹۹۳	۳۵۰/۵	۰/۵۴۰۱	۰/۲۵۰	۰/۰۰۱۴۱
۴	۷۲	۱/۵۶۹۳	۰/۵۹۵	۰/۳۴۵۷	۳۵۰/۵	۰/۵۸۷۷	۰/۲۵۵	-۰/۰۰۱۴۹
۵	۷۲	۲/۴۰۲۵	۰/۵۹۵	۰/۵۵۸۷	۳۵۵	۱/۰۸۸۰	۰/۲۶۵	-۰/۰۰۲۶۹
۶	۷۲	۱/۳۶۰۹	۰/۵۹۵	۰/۳۰۰۱	۳۵۰/۵	۰/۴۶۲۵	۰/۲۵۰	۰/۰۰۱۹۸
۷	۷۲	۲/۵۴۵۰	۰/۷۵۵	۰/۰۹۱۲	۳۹۴	۰/۹۴۴۶	۰/۳۰۰	-۰/۰۰۵۵۴
۸	۷۲	۳/۴۱۵۳	۰/۷۶۵	۰/۰۹۵۱	۴۰۰/۵	۱/۲۵۷۴	۰/۳۰۵	-۰/۰۰۵۱۷

ارائه همبسته‌های جدید برای تعیین پارامترهای تابع توزیع ریاضی

روش ریاضی برای تعیین پارامترهای تابع توزیع، با وجود سادگی و فراگیر بودن، مشکلاتی هم دارد از جمله اینکه در انجام محاسبات نیاز به ضریب شکست نور می‌باشد که در آزمایشگاه برای نمونه‌های سنگین هیدروکربنی قابل اندازه‌گیری نیست، همچنین در این روش، علاوه بر ضریب شکست فقط از دو خاصیت توده‌ای دیگر برش C_{7+} (چگالی و وزن مولکولی یا وزن مولکولی و نقطه جوش متوسط) استفاده می‌شود[۱۰]. با توجه به آنکه نفت خام‌های مختلف با وجود تفاوت فراوان از نظر ترکیب درصد، دارای خواص توده‌ای نزدیک به هم هستند، به همین دلیل، این روش قادر به تشخیص تفاوت‌های جزئی میان نمونه‌های مختلف نیست. در این پژوهش، سعی شده است که با توجه به رابطه میان خواص جزئی و توده‌ای، روابطی بر حسب خواص توده‌ای برای پیش‌بینی پارامترهای تابع توزیع ریاضی به دست آید به نحوی که مقادیر محاسبه شده T_b و SG برش C_{7+} تا حد امکان به مقادیر تجربی نزدیک باشند[۱۱]. دیدگاه این مقاله این بوده است که هر پارامتر تابع توزیع، تابعی از ترکیب درصد و خواص نفت خام و برش سنگین می‌باشد.

همانطور که از جدول (۳) نیز مشخص است مقدار P_0 برای اکثر نمونه‌ها ثابت می‌باشد، بنابراین $S_0 = ۰/۵۹$ و $T_0 = ۳۵۰$ K فرض می‌شوند. برای به دست آوردن روابط همبسته‌ای که سایر پارامترهای مورد نظر را بر حسب خواص توده‌ای نفت خام یا C_{7+} محاسبه کند معادله‌ای به فرم کلی زیر را در نظر می‌گیریم:

$$Y = a_0 + a_1 \times X_1^{\alpha} + a_2 \times X_2^{\beta} + a_3 \times X_3^{\gamma} \qquad (۹)$$

Y یکی از پارامترهای A_T، B_T، A_S و یا B_S است. در این رابطه X_2 بیانگر وزن مولکولی متوسط است. X_1 و X_3 ترکیبی از ویسکوزیته، دمای جوش، چگالی نسبی و وزن مولکولی توده نفت خام و برش سنگین است. تعریف متغیرهای X_1 و X_2 برای هر پارامتر متفاوت و در جدول (۴) آورده شده‌اند. در این روابط زیرنویس‌های c و +7 به ترتیب برای نفت خام و برش C_{7+} می‌باشند. vis مقدار ویسکوزیته در دمای ۴۰ درجه سلسیوس، SG چگالی نسبی و T نقطه جوش بر حسب درجه سلسیوس می‌باشد.

با برازش داده‌های آزمایشگاهی ثوابت C_1 و C_2 در معادله (۴) محاسبه و سپس با استفاده از رابطه‌های ۷ و ۸، ثوابت A و B برای دو خاصیت

چگالی نسبی و نقطه جوش برای هر ۸ نمونه محاسبه و در جدول (۵) آورده شده‌اند.

برای به دست آودن ضرایب و توان‌ها در رابطه (۹) از حداقل کردن خطای مقادیر محاسباتی و تجربی استفاده شده است. به این ترتیب که تابع خطای S مطابق رابطه (۱۰) تعریف شده و برازش همبستهها با داده‌های تجربی از طریق حداقل‌سازی این تابع انجام شده است. در انجام این محاسبات از نرم‌افزار Matlab استفاده شده است.

$$S = \sum_{i=1}^{n} (y_{\exp} - y_{calc})^2 \qquad (۱۰)$$

جدول ۴ـ تعریف متغیرهای X_1 و X_2 و X_3 برای هر پارامتر تابع توزیع

نام پارامتر	X_1	X_2	X_3
A_S	$(SG_c \times vis_c)/T$	Mw_{7+}	$SG_{7+} \times vis_{7+}$
B_S	$(SG_c \times vis_c)/T_c$	Mw_{7+}	$(SG_{7+} \times vis_{7+})/T_{7+}$
A_T	$(T_c \times vis_c)/SG_c$	Mw_{7+}	$(SG_{7+} \times vis_{7+})/T_{7+}$
B_T	$(SG_c \times vis_c)/T_c$	Mw_{7+}	$(SG_{7+} \times vis_{7+})/T_{7+}$

جدول ۵ـ مقادیر A_T، B_T، A_S و B_S حاصل از برازش ۸ نمونه موجود

شماره نمونه	A_T	B_T	A_S	B_S
۱	۱/۹۲۶۹	۱/۶۶۰۶	۰/۳۸۳۲	۴/۱۶۳۲
۲	۰/۸۵۵۲	۱/۶۴۳۱	۰/۱۱۲۸	۴/۳۷۰۶
۳	۰/۸۵۵۲	۱/۶۰۶۹	۰/۱۲۱۶	۴/۴۰۷۲
۴	۱/۱۰۶۲	۱/۵۶۸۴	۰/۱۵۲۷	۴/۳۴۲۲
۵	۱/۶۱۱۶	۱/۶۴۲۰	۰/۳۱۹۶	۴/۰۰۸۰
۶	۱/۰۹۲۶	۱/۶۲۰۷	۰/۱۱۲۴	۴/۵۰۲۵
۷	۲/۹۶۷۹	۱/۶۸۶۹	۰/۸۹۳۷	۳/۷۹۶۵
۸	۴/۳۳۱۸	۱/۹۰۳۷	۱/۰۶۷۵	۴/۶۲۹۶

در این رابطه y_{exp} مقدار پارامتر توزیع حاصل از برازش داده‌های آزمایشگاهی و y_{calc} مقدار محاسبه شده از رابطه (۹) است. همبسته‌های پیشنهادی برای پارامترهای تابع توزیع به شرح زیر می‌باشند:

$$A_s = -0.5981 - 1.3791 \times X_1^{0.7} + 0.0272 \times X_2^{0.6} + 0.0988 \times X_3^{0.5} \qquad (۱۱)$$

$$B_s = 19.5555 + 12.6538 \times X_1^{0.7} - 9.2025 \times X_2^{0.1} - 12.3239 \times X_3^{1} \qquad (۱۲)$$

$$A_T = -3.8260 + 2.1311 \times X_1^{0.12} + 0.0001 \times X_2^{1.5} - 2.0092 \times X_3^{0.5} \qquad (۱۳)$$

$$B_T = 1.5377 + 0.2436 \times X_1^1 + 0.0006 \times X_2^1 - 0.0176 \times X_3^{0.1} \quad (۱۴)$$

با استفاده از پارامترهای به دست آمده از روش ریاضی و همچنین پارامترهای به دست آمده از برازش داده‌ها و تابع توزیع معادله (۱)، مقادیر نقطه جوش و چگالی نسبی برای زیر برش‌ها محاسبه و در جداول (۶) و (۷) با مقادیر تجربی مقایسه گردیده است[۱۰]. مقدار خطا از رابطه (۱۵) به دست آمده است.

$$Error = \frac{(\sum_{i=1}^{n} \left| (P_{calc} - P_{\exp}) / P_{\exp} \right|)}{n} \times 100 \quad (۱۵)$$

در این رابطه n تعداد نقاط، P_{exp} مقدار آزمایشگاهی نقطه جوش یا چگالی نسبی برای زیر برش i و P_{calc} مقدار برازش شده خاصیت برای همان زیر برش می‌باشد.

همانطور که مشخص است استفاده از پارامترهای حاصل از برازش خطای کمتری در پیش‌بینی خواص ایجاد می‌کند (خطا تقریباً نصف شده است).

جدول ۶ـ مقایسه خطای روش ریاضی و خطای برازش برای چگالی نسبی

شماره نمونه	میزان خطای استفاده از پارامترهای به دست آمده از روش ریاضی	میزان خطای استفاده از پارامترهای حاصل از برازش
۱	۳/۵	۲/۲
۲	۳/۸	۰/۸
۳	۴/۲	۱/۱
۴	۳/۳	۱/۱
۵	۳/۳	۱/۶
۶	۳/۷	۱/۲
۷	۴/۲	۲/۹
۸	۸/۴	۲/۶

جدول ۷ـ مقایسه خطای روش ریاضی و خطای برازش برای نقطه جوش

شماره نمونه	میزان خطای استفاده از پارامترهای به دست آمده از روش ریاضی	میزان خطای استفاده از پارامترهای حاصل از برازش
۱	۶/۳	۲/۴
۲	۳/۷	۱/۳
۳	۴/۱	۰/۹
۴	۴/۲	۱/۸
۵	۵/۵	۰/۶
۶	۴/۸	۱/۷
۷	۶/۱	۱/۲
۸	۹/۳	۱/۳

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، روابط همبسته جدیدی برای تعیین ثابت‌های تابع توزیع ریاضی بر اساس خواص توده‌ای برش ارائه و نتایج برای ۸ نمونه نفت خام ایران که داده‌های آزمایشگاهی آن در دست بوده است، محاسبه شده‌اند[۱۱]. نتایج بیانگر افزایش دقت تابع توزیع با روابط جدید نسبت به ثوابتی که از روش پیشنهادی ریاضی به دست می‌آیند، می‌باشد[۱۰]. با این پارامترها امکان استفاده از تابع توزیع برای پیش‌بینی سایر خواص مورد نیاز در تعادلات فازی با دقت بالاتری فراهم است. روش پیشنهادی قابل تعمیم با استفاده از داده‌های تجربی بیشتری می‌باشد. در صورت وجود چنین داده‌هایی امکان بومی‌سازی این پارامترها برای نفت خام‌های ایران فراهم خواهد آمد.

قدردانی

نویسندگان از مدیریت پژوهش و توسعه شرکت ملی نفت مناطق مرکزی ایران برای حمایت مالی از این تحقیق قدردانی می‌کنند (قرارداد ۱۰۰۰۹-۸۱-۵۰).

ضمیمه

تعیین پارامترهای تابع توزیع ریاضی

در صورتی که وزن مولکولی متوسط برش، چگالی نسبی و شاخص شکست نور برش در دسترس باشند با استفاده از الگوریتم زیر می‌توان ثابت‌های P_0 و A را محاسبه کرد (Riazi,1997):

۱- یک مقدار اولیه برای M_0 حدس زده (M_0=72) و M^*_{av} از معادله (الف ۱) محاسبه می‌شود.

۲- مقدار A_M از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$A_M = M^*_{av} \qquad \text{(الف ۱)}$$

۳- ۲۰ برش تصادفی با کسر مولی‌های ۰/۰۵ برای مخلوط انتخاب کرده و مقدار M برای هر برش از رابطه (۱) حساب می‌شود.

۴- کسرهای مولی با استفاده از وزن مولکولی‌های به دست آمده از مرحله ۳ به کسرهای وزنی تبدیل می‌گردند.

۵- یک مقدار اولیه برای S_0 حدس زده می‌شود (S_0=0.59)

۶- A_S از معادلات زیر و با استفاده از روش نیوتن محاسبه می‌شود. (الف ۲ و ۳)

$$\text{for } A_S > 0.05 \quad S_{av} = S_0(1.3818 + 0.3503A_S - 0.1932A_S^2 + 0.059\text{Ln}A_S)$$

$$\text{for } A_S \le 0.05 \quad S_{av} = S_0(1.25355 + 1.44886A_S - 5.9777A_S^2 + 0.02951\text{Ln}A_S)$$

۷- توزیع SG بر حسب کسرهای وزنی تجمعی از معادله (۱) برای هر برش محاسبه می‌گردد.

۸- با استفاده از توزیع SG کسرهای وزنی به حجمی تبدیل می‌شود.

۹- با استفاده از M و SG مقدار T_b از رابطه زیر محاسبه می‌شود. (الف ۴)

$$T_b = 3.76587\exp(3.7741\times10^{-3}M + 2.98404S - 4.25288\times10^{-3}MS)M^{0.40167}S^{-1.58262}$$

۱۰- با استفاده از M و SG مقدار I از معادلات زیر محاسبه می‌شود. (الف ۵ و ۶)

$$\text{for} M \le 300$$
$$I = 0.12399\exp(3.4622\times10^{-4}M + 0.90389S - 6.0955\times10^{-4}MS)M^{0.02264}S^{0.22423}$$
$$\text{for} M > 300$$
$$I = 0.01102\exp(-8.61126\times10^{-4}M + 3.228607S + 9.07171\times10^{-4}MS)M^{0.02426}S^{-2.25051}$$

۱۱- با استفاده از داده‌های I بر حسب کسر حجمی تجمعی، پارامتر I_0 و A_I از معادلات (۱) و (۴) محاسبه نموده و سپس I_{av} با استفاده از معادلات زیر محاسبه می‌شود:

$$I^*_{av} 0.619A_I^{1/3} \qquad \text{(الف ۷)}$$

$$P_{av} = P_0(1 + P^*_{av}) \qquad \text{(الف ۸)}$$

۱۲- مقدار $E_1 = \left|(I_{av,calc} - I_{7+})/I_{7+}\right|$ محاسبه می‌شود. در صورتی که $E_1 \le 0.005$ باشد به مرحله بعدی رفته، در غیر این صورت با جایگزینی $S_{new} = S_{old} + 0.005$ در مرحله ۵ مراحل ۶ تا ۱۲ تکرار می‌شوند.

۱۳- I_0 از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$I_0 = 0.7454\exp(-0.01151M_0 - 2.37842S_0 + 0.01225M_0S_0)M_0^{0.2949}S_0^{1.53147} \quad \text{(الف ۹)}$$

۱۴- مقدار $E_2 = \left|(I_{0,calc} - I_{0,step11})/I_{0,calc}\right|$ محاسبه می‌شود. اگر $E_2 \le 0.005$ به مرحله بعد رفته در غیر این صورت یک مقدار جدید برای M_0 (بزرگتر از مقدار حدس اولیه) حدس زده و مراحل ۱ تا ۱۴ تکرار می‌شود.

۱۵- با استفاده از داده‌های T_b و کسر وزنی تجمعی پارامترهای T_0 و A_T از معادلات (۱) و (۴) محاسبه می‌شوند.

۱۶- مقادیر نهایی M_0، A_M، S_0، A_S، T_0، A_T، I_0 و A_I چاپ می‌شوند.

مراجع

[1] Riazi, M. R., Al Adwani, H. A., & Bishara, A. "The impact of characterization methods on properties of reservoir fluids and crud oils: Options and restrictions". Journal of petroleum science and Engineering, 42, pp 195-207, (2004).

[2] Ahmed, Tarek, Hydrocarbon phase behavior, Glf publishing company, (1989).

[3] Shariati A., Peters C., Moshfeghian M., "Further evaluation of the Shariati-Peters- Moshfeghian C_{7+} characterization method". Fluid Phase Equilibria, 179, pp 23-41, (2001).

[4] Elsharkawy, Adel M. "An empirical model for estimation the saturation pressures of crude oils". Journal of Petroleum Science and Engineering, 38, pp 57-77, (2003).

[5] Al Marhoun, Muhammad Ali. "Evaluation of empirically derived PVT properties for Middel East crud oils". Journal of Petroleum Science and Engineering, 42, pp 209-221, (2004).

[6] El Hadi, D., & Bezzina, M. "Improved empirical corrolation for petroleum fraction composition quantitative prediction". Fuel, 84, pp 611-617, (2005).

[7] Boozarjomehry, Ramin B., Abdolahi, Farzad, Moosavian, Mohammad A., "Characterization of basic properties for pure substances and petroleum fractions by neural network", Fluid Phase Equilibria, 231, pp 188-196, (2005).

[8] Albahri, Tareq A. "Enhanced method for predicting the properties of light petroleum fractions". Fuel, 85, pp 748-754, (2006).

[9] Behrenbruch, Peter, & Dedigama, Thivanka. "Classification and characterization of crude oil based on distillation property". Journal of Petroleum Science and Engineering, 57, pp 166-180, (2007).

[10] Riazi, M. R. "A continuous model for C_{7+} Fraction Characterization of petroleum fluids". Ind. Eng. Chem. Res., 36 (10), pp 4299-4307, (1997).

[11] Riazi, M. R. "Distribution model for properties of hydrocarbon plus fractions". Ind. Eng. Chem. Res., 28, pp 1731-1735, (1989).