

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله



## چالش های پیش رو در اندازه گیری و تخمین نقطه شبنم برای مخلوط های گازی هیدروکربنی

سعید ولی اللهی<sup>1</sup> (دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی گاز دانشگاه شیراز)، محمود مشفقیان<sup>2</sup> (استاد بخش مهندسی  
گاز دانشگاه شیراز)، سونا رئیسی<sup>3</sup> (استادیار بخش مهندسی گاز دانشگاه شیراز)

### چکیده

تعیین دقیق نقطه شبنم مخلوط های هیدروکربنی گازی در صنایع نفت و گاز بسیار مورد توجه است اما موانع و خطاهای متعددی وجود دارند که اندازه گیری و یا تخمین نقطه شبنم را به چالش می کشانند. بررسی نتایج گزارش شده از مراجع مختلف در اندازه گیری نقطه شبنم گاز نشان می دهد که از اندازه گیری دمای شبنم یک نمونه و در یک فشار خاص، به روش های مختلف ممکن است نتایجی با 5 درجه سانتی گراد اختلاف حاصل شود. همچنین در برخی گزارش ها به تغییرات بسیار کوچک ترکیب جزئی مخلوط های مورد آزمایش در طول فرآیند اندازه گیری اشاره شده است؛ علاوه بر آن برای تخمین نقطه شبنم مخلوط های گازی به ترکیب جزئی مخلوط نیاز است که اندازه گیری آن نیز همراه با خطا خواهد بود. در این مطالعه تاثیرات خطاهای کوچکی که در اندازه گیری ترکیب جزئی حاصل می شوند و همچنین تغییرات احتمالی ترکیب جزئی مخلوط در طی مراحل مختلف نمونه گیری و اندازه گیری، بررسی شده و مورد تحلیل قرار گرفته است. بررسی ها نشان می دهد که این خطاها می توانند دمای بیشینه ی منطقه ی دوفازی در نمودار فازی مخلوط های هیدروکربنی را تا بیش از 20 درجه سانتی گراد جابه جا کنند و در اغلب موارد خطای حدود 5 درجه سانتی گراد در این پیش بینی ها دور از انتظار نخواهد بود. مجموعه این خطاها در اندازه گیری نقطه شبنم و یا تعیین ترکیب جزئی دقیق مخلوط و نیز خطای طبیعی خود معادلات حالت در مدلسازی رفتار ترمودینامیکی مخلوط ها، موجب می شود که تعیین نقطه شبنم مخلوط های هیدروکربنی با خطای احتمالی قابل توجهی همراه باشد که باید در طراحی و بهره برداری واحدهای مربوط به صنایع گاز در نظر گرفته شود.

واژه های کلیدی: نقطه شبنم مخلوط هیدروکربنی، نمودار فازی، اندازه گیری نقطه شبنم، پیش بینی نقطه شبنم

- 1- دانشگاه شیراز، دانشکده مهندسی شیمی، نفت و گاز، بخش مهندسی گاز. پست الکترونیک: [s.valiollahi@yahoo.com](mailto:s.valiollahi@yahoo.com)
- 2- دانشگاه شیراز، دانشکده مهندسی شیمی، نفت و گاز، بخش مهندسی گاز. پست الکترونیک: [moshfeghian@shirazu.ac.ir](mailto:moshfeghian@shirazu.ac.ir)
- 3- دانشگاه شیراز، دانشکده مهندسی شیمی، نفت و گاز، بخش مهندسی گاز. پست الکترونیک: [raeissi@shirazu.ac.ir](mailto:raeissi@shirazu.ac.ir)



## 1- مقدمه

تعیین خواص ترمودینامیکی و تعادلات فازی برای مخلوط های هیدروکربنی در صنایع نفت و گاز از اهمیت ویژه ای برخوردار است. همواره برای شبیه سازی، طراحی و مدیریت فرآیند های بالادستی و پایین دستی از مخازن هیدروکربوری گرفته تا خطوط انتقال، اطلاع دقیق از رفتار فازی هیدروکربن ها برای مهندسان بسیار ضروری است. در صنعت گاز، چگونگی رفتار فازی و خصوصا اطلاع از شرایط نقطه شبنم برای گاز طبیعی بسیار مورد توجه بوده و تحقیقات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است.

هنگامی که گاز در خط لوله جریان دارد، به دلایل متعددی فشار و دمای آن تغییر خواهد کرد، از جمله: افت ناشی از اصطکاک، تغییرات ارتفاع، شتاب گیری، پدیده ژول-تامسون و تبادل حرارتی با محیط. تغییرات فشار و دما می تواند به تشکیل مایع (میعانات) و جامد (هیدرات) منجر شود که این موضوع بر روند تغییرات فشار در خط لوله تاثیر خواهد گذاشت [1]. نگهداری دما و فشار گاز طبیعی در محدوده تکفازی برای جلوگیری از تولید میعانات بسیار با اهمیت است و کنترل بهینه نقطه شبنم مخلوط هیدروکربنی به دلایل اقتصادی، عملیاتی و ایمنی حائز اهمیت می باشد [2]. تشکیل میعانات در خطوط انتقال می تواند به مشکلات متعددی منجر گردد، از جمله: فرونشاندن و یا بیش افروزی شعله در کوره ها، آسیب رساندن به توربین های گازی و کمپرسور ها، افزایش افت فشار و بار بیشتر کمپرسور و کاهش ظرفیت خط [3].

بررسی رفتار فازی هیدروکربن ها در مهندسی مخازن گازی و یا مخازن گاز میعانی هم بسیار مورد توجه است. هنگامی که یک مخزن گازی در محدوده بالای نقطه شبنم در حال تولید است سیال تولیدی حاوی هیدروکربن های سنگینی است که می توان آنها را سر چاه جداسازی نمود. هنگامی که تولید از مخزن ادامه پیدا می کند ممکن است شرایط مخزن به شرایط نقطه شبنم برسد و میعانات ظاهر شوند و قسمتی از میعانات درون مخزن باقی بمانند. در برنامه ریزی برای استخراج یک مخزن گاز میعانی یکی از مهمترین فاکتور هایی که باید توسط مهندسی ارزیابی شود فشار نقطه شبنم سیال است. [4]

نقطه شبنم در عمل به دو روش عمده تعیین می شود: یکی اندازه گیری آزمایشگاهی نقطه شبنم به صورت مستقیم و دیگری آنالیز ترکیب گاز مورد نظر و پیش بینی رفتار فازی آن توسط معادلات حالت. در هردوی این روش ها چالش های متعددی پیش روی دست یابی به اطلاعات صحیح از شرایط نقطه شبنم وجود دارد که در این تحقیق سعی شده است این موارد تشریح و بررسی شوند و اهمیت هریک از آنها در ایجاد خطای احتمالی مورد بحث قرار گیرد.

## 2- نمونه گیری

در بررسی رفتار فازی یک مخلوط گازی - به هر روشی که صورت بپذیرد - اولین مرحله نمونه گیری از مخلوط مورد نظر است. نمونه گیری از گاز برای اندازه گیری نقطه شبنم آن ممکن است یکی از عوامل مهم ایجاد خطا باشد. نمونه گیری باید در شرایطی انجام شود که مخلوط در حالت تکفازی باشد، همچنین باید سعی شود که هیچ گونه میعانی در لوله های انتقال و یا مخزن نمونه صورت نگیرد [5]. مقادیر بسیار کم میعان در هنگام انجام آزمایشات آنالیز ترکیب مخلوط و اندازه گیری نقطه شبنم نیز می تواند منجر به خطاهای قابل توجهی شود. جورج و بورکی [6] در آزمایشات خود، در مراحل مختلف تهیه نمونه ها و نیز قبل و بعد از انجام اندازه گیری های نقاط شبنم، ترکیب اجزای نمونه ها را بررسی کردند. به عنوان مثال آنها در بررسی ترکیب اجزاء یک نمونه گاز سنتزی که در اینجا با نام گاز A به آن اشاره می شود، مشاهده کردند که درصد مولی نرمال - دکان که در نمونه اولیه 0/00134 بوده است در طی مراحل مختلف آماده سازی نمونه از 0/0008 تا 0/0004 اندازه گیری شده است و همچنین طی انجام آزمایشات اندازه گیری نقطه شبنم این مقدار به 0/0001 هم رسیده است. در اینجا برای نشان دادن اهمیت این موضوع، تاثیرات این تغییر ترکیب جزئی را در رفتار فازی مخلوط گازی بررسی می کنیم. در جدول 1، ترکیب جزئی اولیه نمونه گاز A (از مرجع [6]) با نام Dec 00134 آمده است. همچنین ترکیب جزئی های نرمال شده (به صورتی که مجموع درصد مولی های اجزاء



برابر با صد نمود) همین نمونه در حالت هایی که درصد مولی نرمال - دکان در آن به 0/0008، 0/0004 و 0/0001 کاهش پیدا کرده باشد هم با نام های Dec 0008، Dec 0004 و Dec 0001 در این جدول نشان داده شده است.

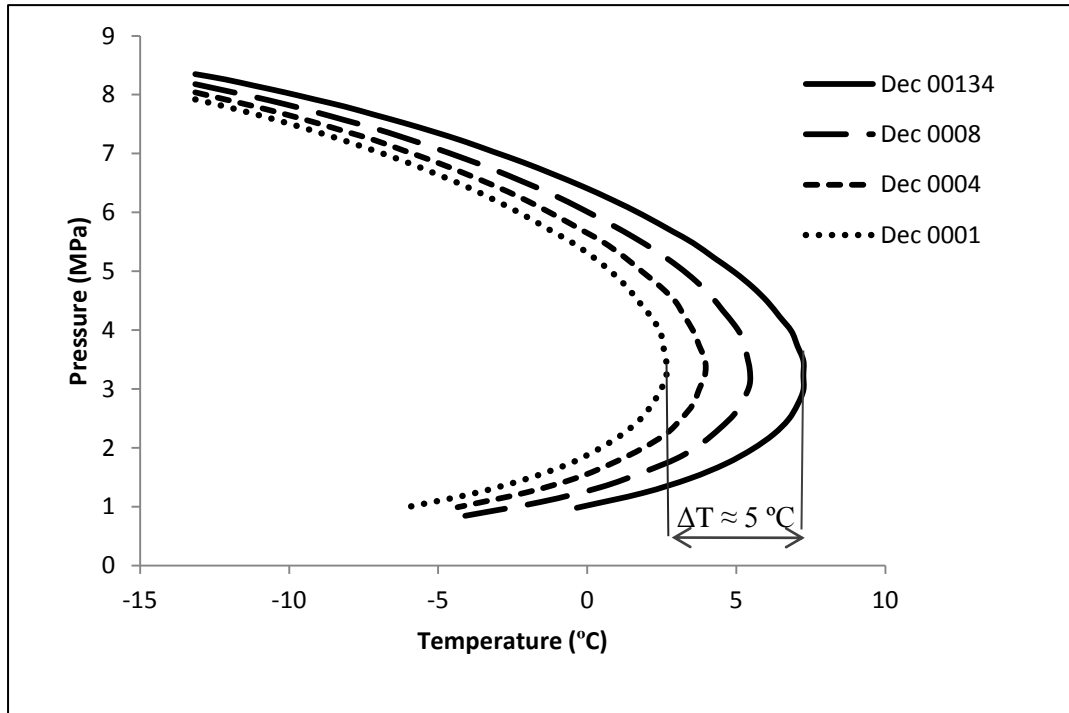
جدول 1: ترکیب درصد مولی گاز A و تغییرات آن با تغییر درصد نرمال دکان. (ترکیب گاز A از مرجع [6])

	Dec 00134 (Gas A, mol%)	Dec 0008 (mol%)	Dec 0004 (mol%)	Dec 0001 (mol%)
Nitrogen	1	1.000014	1.000018	1.000021
CO <sub>2</sub>	0/5	0/500007	0/500009	0/500011
Methane	94/75	94/751336	94/751715	94/751999
Ethane	2	2/000028	2/000036	2/000042
Propane	0/75	75/750011	75/750014	75/750016
i-Butane	0/3	0/300004	0/300005	0/300006
n-Butane	0/3	0/300004	0/300005	0/300006
i-Pentane	0/15	0/150002	0/150003	0/150003
n-Pentane	0/15	0/150002	0/150003	0/150003
n-Hexane	0/05459	0/054591	0/054591	0/054591
n-Heptane	0/03013	0/03013	0/030131	0/030131
n-Octane	0/00988	0/00988	0/00988	0/00988
n-Nonane	0/00177	0/00177	0/00177	0/00177
<b>n-Decane</b>	<b>0/00134</b>	<b>0/0008</b>	<b>0/0004</b>	<b>0/0001</b>
22-Mbutane	0/00004	0/00004	0/00004	0/00004
23-Mbutane	0/00021	0/00021	0/00021	0/00021
2-Mpentane	0/00021	0/00021	0/00021	0/00021
3-Mpentane	0/00057	0/00057	0/00057	0/00057
Mcyclopentane	0/00022	0/00022	0/00022	0/00022
Cyclohexane	0/00005	0/00005	0/00005	0/00005
Mcyclohexane	0/00012	0/00012	0/00012	0/00012

در شکل 1 نمودار شبنم پیش بینی شده برای مخلوط گازی A با مقادیر مختلف نرمال - دکان (از جدول 1) رسم شده است. در این شکل Dec 00134 نشان دهنده ی نمودار شبنم این گاز با در نظر گرفتن مقدار 0/00134 برای درصد مولی نرمال - دکان است و به همین ترتیب Dec 0008، Dec 0004 و Dec 0001 هم نشان دهنده ی نمودار شبنم با در نظر گرفتن مقادیر 0/0008 و 0/0004 و 0/0001 برای درصد مولی نرمال - دکان هستند. محاسبه نمودارهای شبنم با استفاده از معادله حالت SRK [7] و مقادیر ثابت برای پارامترهای برهمکنش دوتایی ( $K_{ij}$ ) از مرجع [8] انجام شده است.

در شکل 1 مشاهده می شود که تغییرات مقادیر بسیار کم یک جزء سنگین چگونه ممکن است بر نمودار شبنم تاثیر بگذارد.

شکل 1- تاثیر تغییرات ترکیب جزئی نرمال دکان بر روی نمودار شبنم گاز A



### 3- اندازه گیری نقطه شبنم

برای اندازه گیری نقطه شبنم به صورت آزمایشگاهی، معمولاً از دستگاه هایی استفاده می شود که در آنها گاز از روی یک صفحه ی آینه ای سرد (Chilled Mirror) به آرامی عبور داده می شود و دمای آینه به صورت کنترل شده و به آرامی پایین می آید تا جایی که میعانات بر روی آن ظاهر شوند. دمایی که در آن میعانات ظاهر شوند دمای شبنم و فشار گاز در آن شرایط فشار شبنم خواهد بود. در حالت کلی، تشخیص شرایط نقطه شبنم به دو صورت خودکار و غیر خودکار صورت می گیرد که در روش خودکار تشکیل میعانات بر روی آینه سرد توسط حسگرهای نوری ثبت می شود و در روش غیر خودکار تشخیص میعانات به صورت چشمی و توسط کاربر آموزش دیده و مجرب صورت می گیرد. یکی از چالش های اندازه گیری نقطه شبنم چگونگی تشخیص صحیح نقطه تشکیل میعانات است چون در روش غیر خودکار خطاهای انسانی و مهارت کاربر دستگاه بر روی نتایج بسیار تاثیر گزار است و همچنین در روش خودکار هم نتایج به چگونگی تنظیم حساسیت حسگر ها وابسته هستند. همچنین در روش غیر خودکار دو حالت ممکن است به عنوان نقطه تشکیل میعانات انتخاب شود: یکی تشکیل حلقه قوس و قزحی (Iridescent Ring) و دیگری تشکیل قطرات شبنم (Droplet) که در دماهای کمتری نسبت به تشکیل حلقه قوس و قزحی پدیدار می شود. [8]

براون و همکاران [9] برای اندازه گیری نقطه شبنم 5 نمونه مخلوط گازی از دستگاه های خودکار و غیر خودکار اندازه گیری نقطه شبنم استفاده کردند و مشاهده کردند که دمای شبنم اندازه گیری شده به دو روش خودکار و غیر خودکار در بیشینه دمای منطقه دوفازی (Cricodentherm) از 3/2 تا 7/7 درجه سانتیگراد با یکدیگر اختلاف دارند. آنها همچنین از یک دستگاه خودکار با دو نوع تنظیمات استفاده کردند و مشاهده کردند که در فشار های بالا استفاده از تنظیمات مختلف دستگاه می تواند تا 6 درجه سانتی گراد دمای شبنم اندازه گیری شده را تغییر دهد. یاکو و همکاران [10] نیز آزمایشات مشابهی را با استفاده از 3 دستگاه خودکار و یک دستگاه غیر خودکار اندازه گیری نقطه شبنم انجام دادند و حداکثر تا 6 درجه سانتی گراد اختلاف بین دمای شبنم



اندازه گیری شده توسط دستگاه ها را گزارش کردند. جورج و بورکی [6] هم در انجام آزمایشات مسابهی توسط 2 دستگاه خودکار و یک دستگاه غیر خودکار اندازه گیری نقطه شبنم مشاهده کردند که در تکرار اندازه گیری ها و با استفاده از دستگاه های مختلف ممکن است تا 6 درجه سانتی گراد اختلاف برای اندازه گیری دمای شبنم وجود داشته باشد. همچنین آنها در بررسی نقطه تشکیل میعانات به صورت قوس و قزحی و یا تشکیل قطره در دستگاه غیر خودکار مشاهده کردند که این دو حالت ممکن است در اندازه گیری دمای شبنم تا 4/5 درجه سانتی گراد اختلاف داشته باشند.

#### 4- آنالیز ترکیبی نمونه ها

یکی از روش های متداول پیش بینی رفتار فازی مخلوط های گازی هیدروکربنی استفاده از معادلات حالت است. به همین منظور ترکیب جزئی مخلوط گازی باید مشخص شود که این کار با استفاده از دستگاه های آنالیز ترکیبی صورت می گیرد. این دستگاه ها می توانند جزء مولی تعدادی از ملکولهای مورد انتظار در ترکیب را مشخص کنند اما به هر حال این آنالیز دارای دو نوع خطا خواهد بود: یکی اینکه مخلوط ممکن است حاوی اجزایی باشد که دستگاه قادر به شناسایی آن ها نباشد و یا ملکولهای مربوط به یک طیف خاص را به صورت جمعی بدست بدهد؛ به عنوان مثال ترکیبات دوازده کربنه ( $C_{12}$ ) را به صورت کلی و بدون جزئیات انواع ملکولهای این طیف ارائه نماید. خطای دیگر این آنالیزها مربوط به خطای مربوط به خود دستگاه است که ترکیب جزئی اجزاء را همراه با یک تقریب تخمین می زند و درصد مولی هر جزء دارای عدم قطعیت خواهد بود که این خطا معمولاً به صورت مقادیر بازه اطمینان (Confidence Interval) گزارش می شود. برای نشان دادن تاثیری که این خطا می تواند بر روی پیش بینی نقطه شبنم ایجاد کند، به عنوان مثال داده های آنالیز ترکیبی یک نمونه گازی که با نام "1.050 Btu/scf" توسط جورج و همکاران [11] گزارش شده است را مورد بررسی قرار می دهیم. در جدول 2 ترکیب جزئی این نمونه گازی با عنوان گاز B و 95 درصد طول بازه اطمینان (95% Confidence Interval) آن از مرجع [11] ارائه شده است. همچنین ترکیب جزئی این مخلوط با فرض آنکه مقدار احتمالی خطا به سنگین تر شدن و نیز سبک تر شدن مخلوط گازی بینجامد نیز با نام های Gas B Light و Gas B Heavy در جدول آورده شده است. در محاسبه ترکیب جزئی Gas B Heavy فرض شده است که مقدار ترکیب جزئی ملکولهای متان، اتان و پروپان به اندازه 95 درصد طول بازه اطمینان آنها کمتر از مقدار گزارش شده است و برای ترکیبات سنگین تر از پروپان مقدار ترکیب جزئی هر جزء به اندازه 95 درصد طول بازه اطمینان آن بیشتر از مقدار گزارش شده است. عکس این فرضیات هم در محاسبه ترکیب جزئی Gas B Light در نظر گرفته شده است و در نهایت هر دو ترکیب جزئی نرمال شده است (به صورتی که مجموع درصد های مولی برابر با 100 شود).

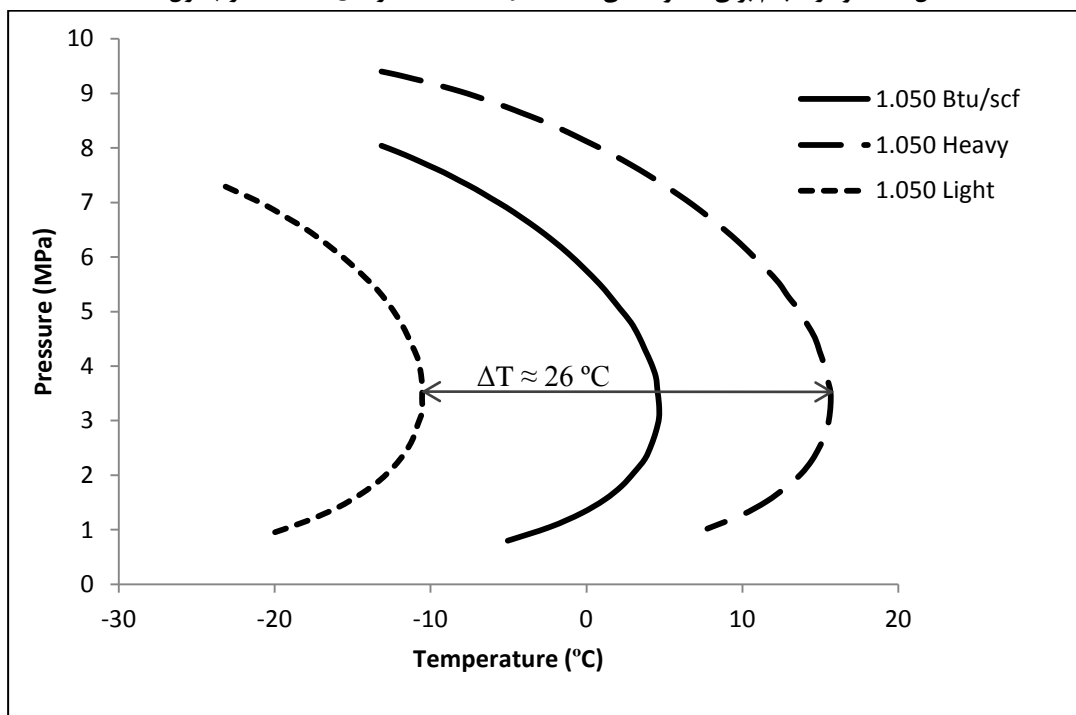
جدول 2: ترکیب درصد مولی نمونه گازی B و تغییرات احتمالی آن به خاطر دقت داده های آنالیز ترکیبی. (داده های مربوط به ترکیب جزئی نمونه گازی B و 95٪ بازه اطمینان آن از مرجع [11])

	Gas B (mol%)	95% confidence Interval	Gas B Heavy (mole%)	Gas B Light (mol%)
Nitrogen	0/993	0/002	0/9961	0/9899
CO <sub>2</sub>	0/501	0/001	0/5026	0/4994
Methane	94/737	94/365	94/6664	94/8015
Ethane	2/022	0/002	2/0263	2/0176
Propane	0/746	0/001	0/7473	0/7446
i-Butane	0/299	0/001	0/3009	0/2971
n-Butane	0/302	0/001	0/3039	0/3
i-Pentane	0/151	0/001	0/1525	0/1495
n-Pentane	0/15	0/001	0/1515	0/1485
n-Hexane	0/032	0/011	0/0431	0/0209
n-Heptane	0/03	0/011	0/0411	0/0189
n-Octane	0/009	0/006	0/015	0/003
n-Nonane	0/001	0/002	0/003	0
n-Decane	0/001	0/002	0/003	0
22-Mbutane	0/001	0/002	0/003	0
23-Mbutane	0/002	0/003	0/005	0
2-Mpentane	0/016	0/008	0/024	0/008
3-Mpentane	0/006	0/005	0/011	0/001
Mcyclopentane	0/001	0/002	0/003	0
Mcyclohexane	0	0/001	0/001	0

در شکل 2 نمودار شبنم پیش بینی شده برای نمونه گازی 1.050 Btu/scf و همچنین ترکیبات فرضی 1.050 Heavy و 1.050 Light رسم شده اند. محاسبه نمودارهای شبنم با استفاده از معادله حالت SRK و مقادیر ثابت برای پارامترهای برهمکنش دوتایی ( $k_{ij}$ ) از مرجع [8] انجام شده است.

مقایسه نمودارهای فازی شکل به خوبی نشان می دهد که دقت کم آنالیز ترکیبی نمونه ها تا چه حد می تواند بر روی نتایج پیش بینی این نمودارها تاثیر گذار باشد. البته لازم به ذکر است که در بسیاری از موارد خطای مربوط به عدم قطعیت نتایج آنالیز ترکیبی از آنچه در مثال بالا ذکر شده کمتر است. در این مورد برای بیش از 15 نمونه گازی دیگری که در مراجع مختلف [6، 9، 11، 12] داده های آنالیز ترکیبی آنها به همراه دقت داده های آنالیز ترکیبی گزارش شده است نیز محاسبات مشابهی انجام شد که در اینجا از آوردن جزئیات محاسبات صرفنظر می شود؛ اما این بررسی ها نشان دادند که وجود خطا تا 5 درجه سانتی گراد در پیش بینی دمای بیشینه ی منطقه دوفازی (Cricondentherm) در اثر خطای مربوط به داده های آنالیز ترکیبی نمونه ها دور از انتظار نخواهد بود.

شکل 2- نمودار شبنم برای مخلوط های Gas B ، Gas B Heavy و Gas B Light از جدول 2



### 5- معادلات حالت

صرفنظر از خطاهایی که در بخش های قبل مورد بحث قرار گرفت و با فرض دقیق بودن ترکیب جزئی نمونه ها، باز هم نتایج محاسبات پیش بینی رفتار فازی نمونه ها به معادله حالت استفاده شده در این محاسبات وابسته خواهد بود. محققین بسیاری [2، 5، 10، 13] داده های تجربی نمودار فازی هیدروکربن های گازی را با نتایج حاصل از معادلات حالت گوناگون بررسی کرده اند و سعی کرده اند معادله حالتی را بیابند که همخوانی بیشتری با داده های تجربی داشته باشد، اما متاسفانه پیشرفت های حاصل شده تا کنون منجر به یک نتیجه قطعی برای معرفی معادله حالت مناسب تر نشده است. در واقع خطاهای مورد بحث در بخش های پیشین یکی از عواملی است که انتخاب بهترین معادله حالت و یا بهینه سازی معادلات حالت برای پیش بینی نمودار شبنم را به چالش می کشد؛ چرا که در موارد متعددی مشاهده می شود که دما (یا فشار) نقطه شبنم پیش بینی شده توسط معادله حالت بزرگتر از دما (یا فشار) نقطه شبنم اندازه گیری شده است و همچنین برای موارد بسیاری هم عکس این موضوع اتفاق می افتد و از طرفی هم غالباً فاصله نقاط شبنم پیش بینی شده از نقاط شبنم اندازه گیری، با عدم قطعیت و خطاهای احتمالی هر دو روش قابل مقایسه است.

### 6- تحلیل کلی عوامل خطا

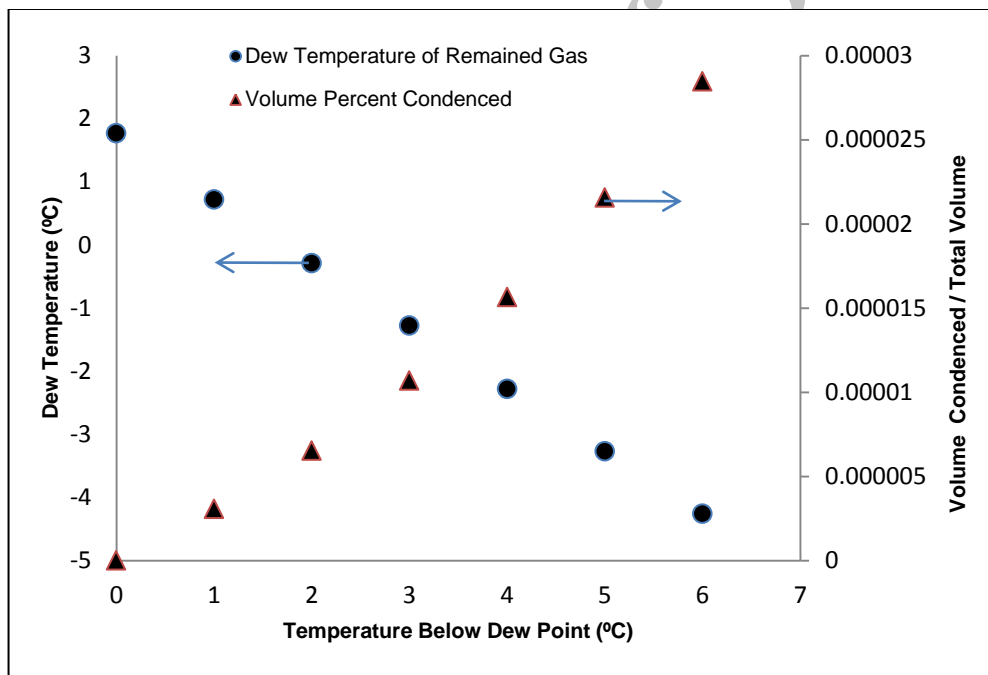
به نظر میرسد برخی از عوامل خطای بحث شده در بخش های پیشین، با آهنگ (Rate) تشکیل میعانات و همچنین ترکیب جزئی میعانات ارتباط نزدیکی دارند. اگر آهنگ تشکیل میعان نسبت به سرعت کاهش دما در دماهای پایین تر از نقطه شبنم کم باشد، در عمل به خطای بیشتری در اندازه گیری آزمایشگاهی نقطه شبنم منجر می شود چون ممکن است در دمای شبنم و اندکی کمتر از آن هنوز مقدار تشکیل میعانات به حدی نرسیده باشد که توسط دستگاه قابل تشخیص باشد. بررسی پراکندگی داده های آزمایشگاهی نقاط شبنم برای مخلوط هایی که سرعت تشکیل میعان بیشتری با کاهش دما دارند نسبت به مخلوط های دیگر مؤید





این موضوع است. همچنین در مواردی که مخلوط حاوی مفادیر کمی ترکیبات سنگین است و تنوع ترکیبات موجود در مخلوط بالاست، در واقع اولین قطره میعان می تواند بخش قابل توجهی از ترکیبات سنگین را شامل شود و گاز باقی مانده از نظر ترکیب جزئی و رفتار فازی تفاوت زیادی با نمونه اولیه پیدا کند. این مورد را میتوان عامل اصلی ایجاد خطاهای بحث شده در بخش نمونه گیری دانست. به عنوان مثال، برای نشان دادن این تاثیر نمونه گاز B که در جدول 2 آمده است را مورد بررسی قرار می دهیم. دمای شبنم این گاز در فشار 3000 کیلوپاسکال با استفاده از معادله حالت PR در حدود 1/77 درجه سانتی گراد است. حال اگر در فشار ثابت دمای گاز را از دمای شبنم آن پایین تر بیاوریم و محاسبات فلش را انجام دهیم، می توان مقدار میعانات تشکیل شده در مقابل کاهش دما را بدست آورد. همچنین می توان ترکیب جزئی گاز باقی مانده پس از جداسدن ترکیبات سنگین تر از آن، در اثر ایجاد میعانات را محاسبه نمود و تاثیر آن بر روی نقطه شبنم گاز باقی مانده را بررسی نمود. در اینجا این محاسبات برای نمونه گاز B با استفاده از نرم افزار HYSYS [14] و معادله حالت PR [15] انجام شده است و نتایج در شکل 3 نشان داده شده است. در این شکل نسبت حجم میعانات تشکیل شده به حجم گاز اولیه در اثر سرمایش گاز B به زیر دمای شبنم آن در فشار ثابت 3000 کیلوپاسکال، روی محور سمت راست نشان داده شده است. همچنین در این شکل دمای شبنم ترکیب گاز باقی مانده پس از تشکیل میعانات در اثر سرمایش در فشار ثابت 3000 کیلوپاسکال، نسبت به میزان سرمایش، روی محور سمت چپ نشان داده شده است.

شکل 3 - میزان تشکیل میعانات و تغییرات دمای شبنم گاز B در اثر سرمایش آن به زیر دمای شبنم در فشار 3000 کیلوپاسکال



در این شکل مشاهده می شود که به عنوان مثال حتی با چهار درجه سانتی گراد کاهش دما از دمای نقطه شبنم تنها 1/5 سی سی به ازای 100 لیتر از گاز B میعان پیدا می کند در حالی که جدا شدن همین مقدار اندک میعانات از گاز ترکیب جزئی گاز B را آنقدر تحت تاثیر قرار می دهد که دمای شبنم آن بیش از 4 درجه سانتی گراد کاهش پیدا می کند. این مقادیر به خوبی نشان می دهند که تشخیص میعانات در اندازه گیری های تجربی تا چه اندازه ممکن است دشوار باشد. همچنین اگر در فرآیند نمونه گیری و انجام آزمایشات مقدار بسیار کوچکی از نمونه میعان یابد ممکن است این موضوع چه تاثیر مهمی بر روی نتایج داشته باشد.



## 7- بحث و نتیجه گیری

اطلاع از نمودار شبنم مخلوط های هیدروکربنی گاز در صنعت بسیار مهم است و از طرفی همانطور که در این مطالعه به آن پرداخته شد، عوامل متعددی تعیین دقیق نقطه شبنم برای مخلوط های هیدروکربنی را چه از طریق اندازه گیری مستقیم و چه از طریق روش های محاسباتی، به چالش می کشانند. بنابراین برای پرهیز از مشکلاتی که در صنعت ممکن است در اثر برآورد ناصحیح از شرایط نقطه شبنم به وجود آید همواره باید یک ضریب اطمینان قابل اعتماد در طراحی و بهره برداری از واحد های تولیدی و فرآوری گاز طبیعی در نظر گرفته شود. از طرفی هم با توجه به اینکه در نظر گرفتن چنین ضریب اطمینانی غالباً به بالاتر نگاه داشتن فشار و دمای خطوط و یا برخی واحد های عملیاتی منجر می شود (به منظور پیشگیری از تشکیل میعانات)، این موضوع افزایش هزینه ها را در پی خواهد داشت. به هر حال شناخت صحیح عوامل احتمالی خطا و تاثیراتی که ممکن است این خطاها بر روی نتایج ایجاد کنند می تواند در قضاوت صحیح در مورد نتایج آزمایشات و مدلسازی ها بسیار مفید و مؤثر باشند.

## مراجع

- [1] Moshfeghian M. (2008), "Two Phase Gas-Liquid Pipeline Simulation", John M. Campbell & Co, Tip of The Month, June 2008. <http://www.jmcampbell.com/june-2008.php>.
- [2] Nasrifar Kh., Bolland O. (2004), "Square-Well Potential and a New  $\alpha$  Function for the Soave Redlich-Kwong Equation of State", Ind. Eng. Chem. Res. 43: 6901-6909.
- [3] Dustman T., Drenker J., Bergman D. F., Bullin J. A. (2006), "Analysis and Prediction of Hydrocarbon Dew Points and Liquids in Gas Transmission Lines", GPA2006.AN., <http://www.bre.com>.
- [4] Gonzalez A, Barrufet M. A., Startzman R. (2003), "Improved Neural-Network Model Predicts Dewpoint Pressure of Retrograde Gases", Journal of Petroleum Science and Engineering. 37: 183- 194.
- [5] Rusten R. H. et al. (2008), "Determination of the Phase Envelope - Crucial for Process Design and Problem Solving", StatoilHydro R&D Centre Trondheim, Norway, 87th Annual Convention Proceedings, GPA Group.
- [6] George D. L., Burkey R. C. (2008), "Tests of Instruments for Measuring Hydrocarbon Dew Points in Natural Gas Streams", Phase 1, Southwest Research Institute, Research Reports, GPA Group.
- [7] Soave G. (1972), "Equilibrium Constants From a Modified Redlich-Kwong Equation of State", Chem. Eng. Sci., 27, pp. 1197-1203.
- [8] Danesh A. (1998), "PVT and Phase Behaviour of Petroleum Reservoir Fluids", Elsevier B.V. ISBN: 0-444-82196-1.
- [9] Brown A. et al. (2007), "Comparison of Methods for the Measurement of Hydrocarbon Dew Point of Natural Gas", National Physical Laboratory (NPL), [www.npl.co.uk](http://www.npl.co.uk).
- [10] Yackowa et al. (2008), "GERG-Project 1.52 - Comparing and Defining a Relation Between Experimental and Calculating Techniques for Hydrocarbon Dew Point", International Gas Union Research Conference (IGRC), Paris 2008.
- [11] George D. L. (2007), "Development of Accurate Methods for Predicting Hydrocarbon Dew Points", Southwest Research Institute, [www.boemre.gov/tarprojects/534.htm](http://www.boemre.gov/tarprojects/534.htm).
- [12] George D. L., Barajas A. M., Kelner E., Nored M. (2005), "Metering Research Facility Program, Natural Gas Sample Collection and Handling - Phase IV", Gas Research Institute, Southwest Research Institute, January 2005, [www.gastechnology.org](http://www.gastechnology.org).
- [13] Mørch Ø. et al. (2006), "Measurement and Modeling of Hydrocarbon Dew Points for Five Synthetic Natural Gas Mixtures", Fluid Phase Equilibria 239 (2006) 138-145.
- [14] Aspen HYSYS software, Version 7.1, Aspen Technology, Inc.
- [15] Peng D.-Y., Robinson D. B. (1976), "A New Two-Constant Equation of State", Ind. Eng. Chem. Fund. 1976, 15, 59-64.

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله