Archive of SID

مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
تهران، ۲۹ خرداد ماه ۱۳۹۳ مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا
تلفن: ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱ www.Reservoir.ir

بازبینی و بررسی اثرتزریق گازبرخواص سیالات یکی ازمخازن گازمیعانی جنوب غرب ایران

علیرضا حامد[۱]
Engalirezahamed2@gmail.com
[۱]دانشجوی دوره کارشناسی رشته مهندسی نفت ودبیر انجمن علمی دانشجویی نفت دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروز آباد

چکیده

مخازن گازمیعانی درتقسیم بندی انواع مخازن درحدفاصل بین مخازن نفت فرارومخازن گازترقرارمیگیرندیا به عبارت دیگردمای مخزن بین دمای بحرانی وحداکثردمای دوفازی قرارمگیرد.آنچه که باعث تغییرات شدید درعملکردمخازن گازمیعانی به محض رسیدن فشاربه فشارنقطه شبنم میگردد،تغییرسیال مخزن ازحالت تک فازی گازبه حالت دوفازی گاز-میعانات میباشد.دراین نوع مخازن بهره دهی چاه های تولیدی به واسطه افزایش تجمع میعانات گازی درنواحی اطراف چاه با ا فت فشاربه زیرنقطه شبنم ،کاهش خواهد یافت.روشهای متعددی به منظوررفع این مشکل وافزایش بهره دهی چاه های گازی میعان معکوس بکاربرده شده است.که ازمهمترین روشها ،تزریق گازبه منظورجلوگیری ازتشکیل میعانات گازی درون مخزن وبازیافت میعانات گازی تشکیل شده درمخزن کاربردفراوانی دارد.دراین تحقیق برای بررسی دقیق رفتارسیال یکی ازمخازن گاز میعانی جنوب ایران،ابتداسیال مخزن توسط نرم افزارWINPROP ازپکیج CMG شبیه سازی گشته، پنج نمونه گازنیتروژن(N2)، گازدی اکسیدکربن(CO2) و ترکیب های متفاوت از گازهای نیتروژن و دی اکسید کربن به مخزن تزریق شده وسپس پارامترهای مختلف مربوط به مخزن یعنی ترکیب مخزن،میزان گازتولیدی،میزان مایع تجمعی،ویسکوزیته وضریب تراکم پذیری مخزن تحت سناریوهای مختلف موردمطالعه قرارگرفته است.نتایج شبیه سازی برای گازهای مختلف متفاوت بوده اما آنچه که درهمه آنها مشترک است این است که تزریق گازهای مختلف باعث کاهش مقدارمایع تجمعی خواهدشد.اگرچه نتایج این تحقیق نشان داده که هرچه درصدگازدی اکسیدکربن درمخلوط گازتزریقی بیشترباشدمیزان مایع تجمعی بیشترکاهش می یابد و نیتروژن بیشترین اثر را در افزایش نقطه شبنم دارد و نیز موجب افزایش میزان تراکم پذیری همدمای گاز و انحراف کمت از حالت ایده آل میشود اما برای انتخاب بهترین مکانیسم تزریقی بایستی عواملی همچون دبی تولید، دردسترس بودن گازتزریقی، هزینه های اجرایی و اقتصادی طرح مد نظرقرارگیرد.

کلمات کلیدی:تزریق گاز، میعان معکوس، تجمع میعانات، نقطه شبنم، افزایش تولید

www.SID.ir

Archive of SID

۱-مقدمه

درمخازن گاز میعانی در اثر کاهش فشارمخزن به زیرنقطه شبنم قسمتی از هیدروکربنهای سنگین مخزن ازفازگازبه فازمایع،تغییرفازمیدهندکه دراصطلاح به آنها میعانات گازی اطلاق میشود.جهت جلوگیری ازتولیدمیعانات درمخزن بایستی همواره فشارمخزن رادربالای نقطه شبنم نگاه داریم.ازجمله روشهای کاربردی و مهم درتحقق این امرتزریق گازبه مخزن میباشد.

تزریق گازهای مختلف،ازجمله نیتروژن ودی اکسید کربن به مخازن گاز میعانی به منظورجلوگیری ازتشکیل میعانات گازی درون مخزن و همینطوربازیافت میعانات گازی تشکیل شده درمخزن کاربردفراوانی دارند.دراین مقاله نمونه هایی ازتزریق این گازهابه یکی ازمخازن گازمیعانی جنوب غرب ایران جهت بررسی تاثیرتزریق گازبرخواص سیالات به منظورافزایش برداشت گاز و میعانات گازی بررسی میشود.مخزن مورد مطالعه باتوجه به دما، فشار و ترکیب اجزاء شرایط مخزن گازمیعانی را دارا میباشد.بنابراین تشکیل میعانات گازی در اطراف دهانه چاه احتمال میرود.دراین راستا پیش بینی رفتارمخزن، در سناریوهای متفاوت بررسی شده است(تولید طبیعی،تزریق گازدی اکسیدکربن خالص، تزریق گازنیتروژن خالص ومخلوط های متفاوت ازگازهای دی اکسیدکربن ونیتروژن).دراین پژوهش سیال مخزن مورد نظرتوسط نرم افزار winprop ازپکیج CMG موردشبیه سازی قرارداده و سپس اثرتزریق گاز با سناریوهای ذکرشده را بر پارمترهای ترکیب سیال مخزن، میزان گازتولیدی، مقدارمیعانات انباشتی، نمودار فازی، ضریب تراکم پذیری، ویسکوزیته گاز و مایع مورد مطالعه قرارداده ایم.

۲- مطالعه مخزن مورد نظر وتطابق اطلاعات مورد نیاز

۲-۱ خواص سیال مخزن مورد مطالعه و مدل سازی آن

اطلاعات مربوط به خواص سیال که مورد نیازشبیه سازی است براساس داده ها و آزمایشهای PVT تهیه میشوند.درشرایط اولیه، فشارمخزن ۴۲۰۰PSIG، فشارنقطه شبنم ۴۰۵۶PSIGو دمای مخزن ۱۸۰°Fاست.سیال مخزن دارای ۱۱جزء و+C7 با درصد مولی۳,۱ ، وزن مولکولی ۱۳۲g/mol و وزن مخصوص ۰,۷۷۴میباشد.معادله حالت باداده های آزمایشگاهی مربوط به آزمایش تخلیه درحجم ثابت و همچنین آزمایش انبساط درترکیب ثابت مطابقت داده شد.این کار بوسیله نرم افزار WINPROP انجام گرفته و خصوصیات رفتارسیال مخزن با معادله حالت پنگ رابینسون اصلاح گردید و با دقت قابل قبولی مدلسازی شد.دراین مدلسازی ،برای دست آوردن تطابق مناسب بین نتایج آزمایشگاهی و محاسباتی ازپارامترهایی نظیر،پارامتربدون بعدomegaB،ضریب بی مرکزی،توان جذب دودویی،دمای بحرانی وفشاربحرانی استفاده شده است.ترکیب سیال مخزن گازمیعانی موردمطالعه در جدول (۱) مشخص شده است.[۱و۲]

جدول ۱.ترکیب سیال مخزن میعانی موردمطالعه

Component	Mole fraction
CO2	0.0244
N2	0.0008
C1	0.821
C2	0.0578
C3	0.0287
IC4	0.0056
NC4	0.0123
IC5	0.0052
NC5	0.006

www.SID.ir

Archive of SID

FC6	0.0072
C7+	0.031

۲-۲ آنالیزوکنترل کیفیت اعتبارداده هاواطلاعات آزمایشگاهی

آزمایشاتی که برروی نمونه های گرفته شده ازسیال مخزن گازمیعانی مورد مطالعه انجام گرفته آزمایش CCEوCVD میباشد.این آزمایشات معمولا مقداری خطادارند بنابراین لازم است قبل از واردنمودن نتایج این آزمایشات به نرم افزار،کیفیت واعتبارآنها بررسی وکنترل شود.بدین منظور پس ازجمع آوری اطلاعات PVT، نمودارهای مختلف ازقبیل حجم نسبی مایعات، Bg، Z و گرانروی گاز برحسب فشاررسم گردند سپس بی قاعدگی و ایرادات این نمودارها تصحیح و یا حذف گردند اکنون اطلاعات خالص وصحیح میباشند.نتایج آزمایشات انبساط درترکیب ثابت وتخلیه درحجم ثابت انجام گرفته برروی سیال مخزن درجدول (۲) و(۳) مشخص شده است.

جدول۲. نتایج تست CCE

relative	pressure(psia)	relative	pressure(psia)
1.038	3847.67	0.8125	6014.67
1.0679	3702.67	0.8452	5514.67
1.1077	3527.67	0.8856	5014.67
1.1677	3301.67	0.9378	4514.67
1.2478	3057.67	0.9506	4414.67
1.348	2812.67	0.9638	4314.67
1.4685	2577.67	0.978	4214.67
1.6714	2267.67	0.9925	4114.67
1.9737	1936.67	1	4070.67
2.4579	1581.67	1.003	4051.67
3.4442	1162.67	1.006	4031.67
4.4317	922.67	1.0089	4013.67
		1.0181	3959.67

جدول۳.نتایج تست CVD

Pressure	Gas	Liquid	gas Z
4070.67	0	-	۰,۸۹۳
4014.67	-	0.1	-
3914.67	-	0.3	-
3714.67	-	0.6	-
3414.67	11.911	1.3	0.852
2614.67	30.766	3.4	0.836
1814.67	52.054	4.6	0.858
1214.67	68.406	4.7	0.893
714.67	81.205	4.4	0.932

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۳ شکستن وگروه بندی اجزاء (lumping&Splitting)

از جمله اولین تجزیه تحلیل هایی که باید بر روی مدل سیال جهت انجام مراحل بعدی انجام بپذیرد بحث مربوط به Splittingو lumping می باشد. با توجه به اینکه تعداد اجزاء بدست آمده و نوع آنها بعد از انجام فرآیند Splitting, lumping بر روی تطابق خواص سیال تاثیر فراوانی دارد لذا برای موارد مختلف Splitting , Lumping باید تطابق خواص سیال نیز در نظر گرفته شود تا در صورت تطابق مطلوب بتوان مدل اجزاء حاصله را به عنوان مدل سیال در مراحل بعدی استفاده کرد. برای مدل سازی سیال مخزن ،معمولا اجزاء سنگین به تعدادزیادی اجزاء(تا+C30)شکسته(split) میشوند و سپس درمرحله بعد اجزاء به تعدادکوچکتری ازشبه اجزاءمجتمع(lump) خواهند شد.دلیل اصلی گروه بندی کاهش زمان محاسبه وشبیه سازی ترکیب میباشد.در این پروژه طی دومرحله فرآیند lumping،Splitting صورت گرفت در مرحله اول فرض کردیم که جزء مثبت (+C7) به هیچ جزئی شکسته نشود و به همین صورت در محاسبات وارد شود. در مرحله دوم جزء مثبت به چهارجزء دیگر شکسته شود در هر دو حالت فرایند تیون معادله حالت(تطابق خواص سیال) انجام گرفت که تنها در حالت دوم و زمانیکه جزء مثبت به چهار قسمت شکسته می شود تطابق خوبی از خواص سیال شاهد بودیم.جزء سنگین (+C7)باروش splliting شکسته شده وسپس گروه بندی اجزاءانجام گرفت.نتایج عملیات شکستن وگروه بندی اجزای سیال گازمیعانی مورد مطالعه درجدول(۴)مشخص شده است.

جدول ۴.گروه بندی اجزاء سیال مخزن

Component	Co2	N2	C1	C2	C3	Ic4	Nc4	Ic5	Nc5	Fc6	C07-c08	C09-c010	C11	C12+
Mole fraction	0.0244	0.0008	0.821	0.0578	0.0287	0.0056	0.0123	0.0052	0.006	0.0072	0.0176	0.0076	0.0020	0.0038

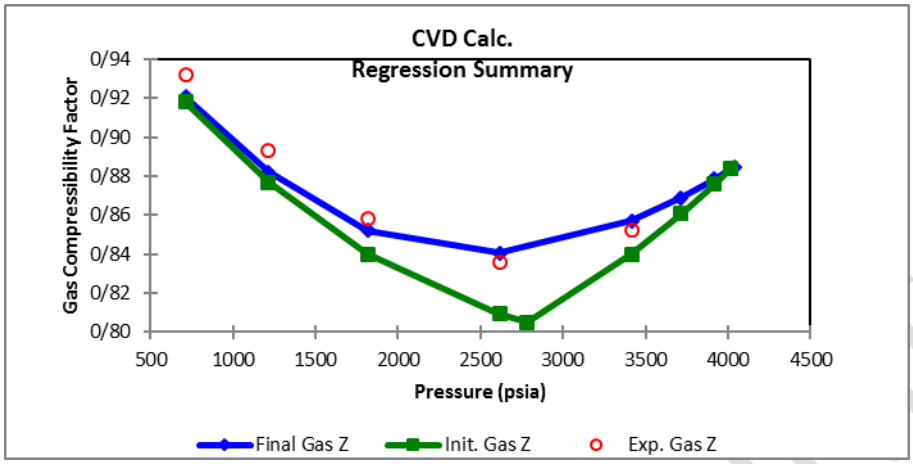
۲-۴ تطابق خواص سیال مخزن باشواهد آزمایشگاهی ازطریق رگراسیون(TUNING)

معادلات حالت،اساس وپایه تعیین خصوصیات سیال درشبیه سازی میباشند.ازداده های اندازه گیری شده سیال مخزن درآزمایشهای PVT جهت تعیین ثابت های معادله حالت استفاده میشود.به این منظوربانطباق خصوصیات سیال مخزن با شواهدآزمایشگاهی ،ازمعادله حالت تطابق گرفته شده جهت شبیه سازی سیال مخزن استفاده میشودکه از مهمترین فرآیند های بررسی خواص سیال می باشد. در این پروژه بر اساس دو مدل خواص سیال بدست آمده ازlumpingوSplitting دوبار فرآیند رگراسیون اعمال شد. در حالت اول جزء مثبت (+C7) به هیچ جزئی شکسته نمی شود و به همین صورت در محاسبات وارد شود. از خواص جزء مثبت(دمای بحرانی، فشار بحرانی، ضریب بی مرکزی، omegaB وضریب اثرمتقابل بین ترکیبات(توان جذب دودویی)) به عنوان پارامترهای رگراسیون مورد استفاده قرار گرفتند. شکلهای (۱)تا(۳) نتایج حاصل از رگراسیون را برای این مدل نشان می دهد. همچنین فشاراشباع در ۱۸۰ درجه فارنهایت ۴۰۳۶ محاسبه شد که حدود ۳۴ پام اختلاف دارد که نسبتا زیاد است. در حالت دوم جزء مثبت به چهار جزء شکسته می شود و خواص اجزاء شکسته (دمای بحرانی، فشار بحرانی، ضریب بی مرکزی، omegaB و توان جذب دودویی) به عنوان پارامترهای رگراسیون مورد استفاده قرار گرفتند. شکلهای (۴) تا (۶) نتایج حاصل از رگراسیون را برای این مدل نشان می دهد. همچنین فشاراشباع در ۱۸۰ درجه فارنهایت۴۰۶۸ پام محاسبه شد که حدود ۲ پام اختلاف دارد. معادله حالت پنگ رابینسون،به دلیل سادگی وکارایی خوبی که درپیشگویی رفتارسیستم های گاز دارد جهت مدل سازی این مخزن مورداستفاده قرارگفته شد.ونیز دراین بررسی از نتایج آزمایشهای CCE و CVD به عنوان نتایج مشاهده ای جهت انجام رگراسیون استفاده شد. با توجه به نتایج مشخص شده در

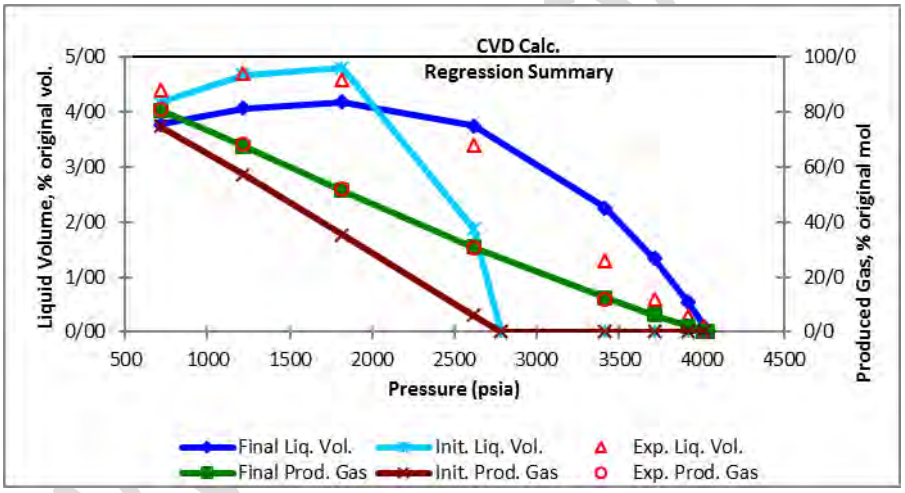
www.SID.ir

Archive of SID

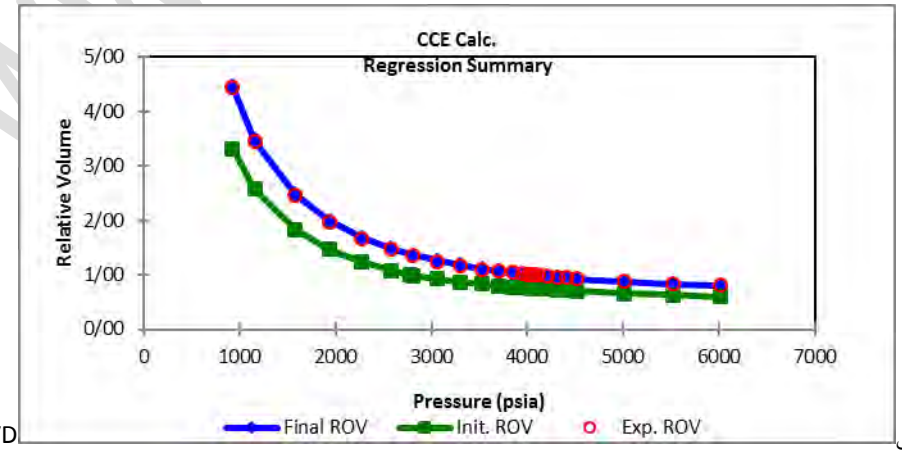
شکل های زیر مدل دوم به دلیل تطابق مطلوبی که از رگراسیون معادله حالت حاصل شد به عنوان مدل مرجع جهت انجام ادامه کار انتخاب می شود.



شکل ۱. نتایج حاصل ازتطابق ضریب تراکم پذیری همدمای گازدرآزمایشCVD



شکل ۲. نتایج حاصل ازتطابق میزان مایع تجمعی وگازتولیدی

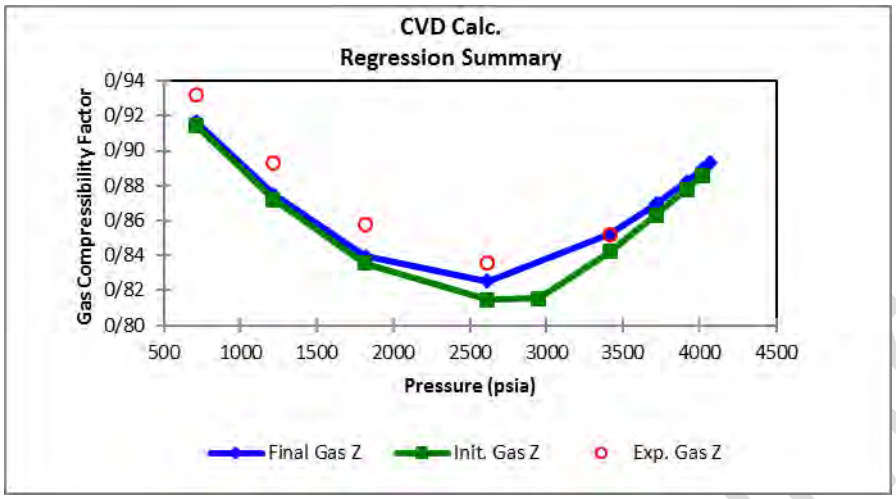


CVD درآزمایش

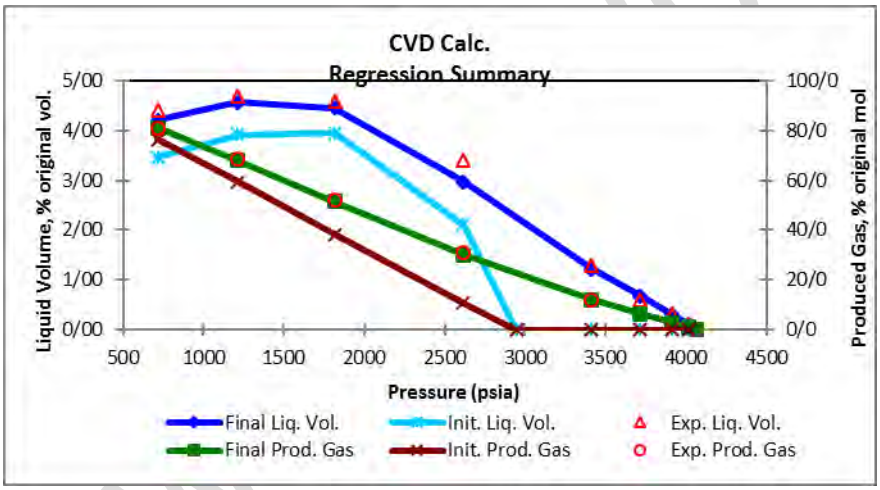
www.SID.ir

Archive of SID

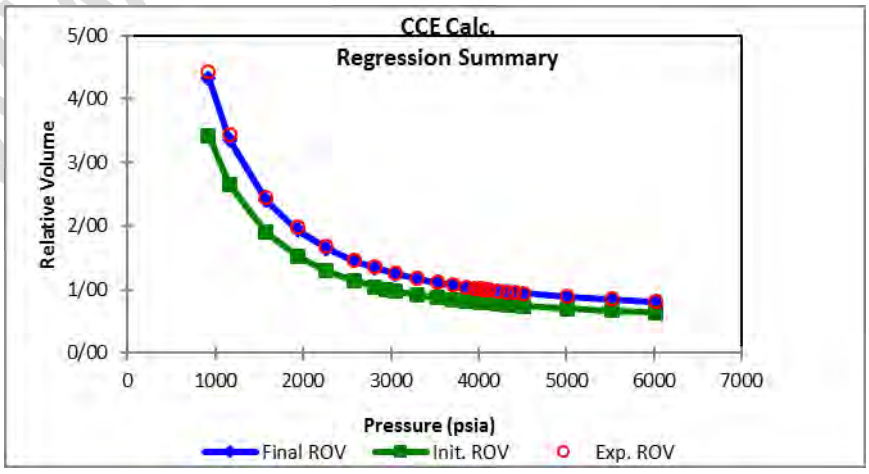
شکل ۳. نتایج حاصل ازتطابق حجم نسبی درآزمایشCCE



شکل ۴.نتایج حاصل ازتطابق ضریب تراکم پذیری همدمای گازدرآزمایشCVD



شکل ۵. نتایج حاصل ازتطابق میزان مایع تجمعی وگازتولیدی درآزمایشCVD



شکل ۶. نتایج حاصل ازتطابق حجم نسبی درآزمایشCCE

www.SID.ir

Archive of SID

۳-انواع روش تزریق

برای پیشگویی وآنالیزسناریوهای مختلف درمخزن، سناریوهای مورداستفاده در این شبیه سازی درزیر بیان شده اند:

۱- تزریق گاز دی اکسیدکربن خالص

۲- تزریق گاز نیتروژن خالص

۳- تزریق مخلوط نیتروژن و دی اکسیدکربن باترکیب های مختلف.[۳و۴و۵]

۳-۱ تزریق گاز CO2

در این سناریو گاز دی اکسیدکربن بصورت خالص با مقدار مولهای مختلف به سیستم گاز میعانی مورد مطالعه تزریق می شود. درصد مولی اجزاء بعد از تزریق گاز دی اکسیدکربن برای مولهای مختلف در جدول (۵) مشخص شده است. همانگونه که در این جدول مشخص شده است با افزایش مول تزریقی گاز دی اکسیدکربن درصد جزء دی اکسیدکربن افزایش یافته و درصد دیگر اجزاء کاهش می یابد.

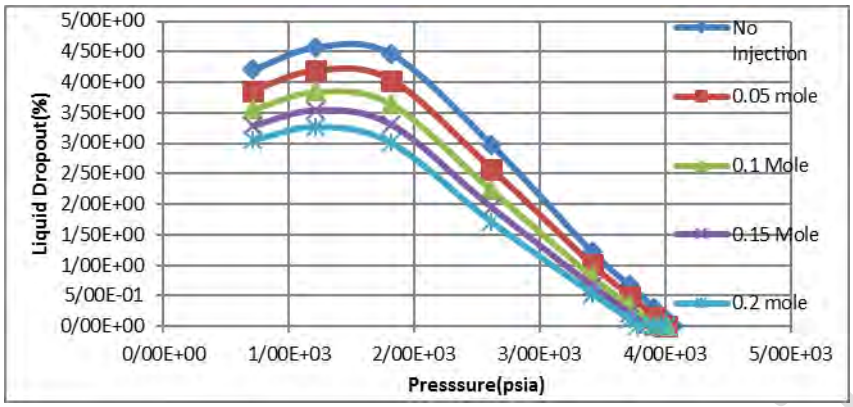
جدول۵. تغییرات ترکیب اجزاء سیال با تزریق مولهای مختلف گاز CO2

Component	0 mole CO2	0.05 mole CO2	0.1 mole CO2	0.15 mole CO2	0.2 mole CO2
CO2	0.0244	0.070857143	0.113090909	0.151652174	0.187
N2	0.0008	0.000761905	0.000727273	0.000695652	0.000666667
C1	0.821	0.781904762	0.746363636	0.713913043	0.684166667
C2	0.0578	0.055047619	0.052545455	0.05026087	0.048166667
C3	0.0287	0.027333333	0.026090909	0.024956522	0.023916667
IC4	0.0056	0.005333333	0.005090909	0.004869565	0.004666667
NC4	0.0123	0.011714286	0.011181818	0.010695652	0.01025
IC5	0.0052	0.004952381	0.004727273	0.004521739	0.004333333
NC5	0.006	0.005714286	0.005454545	0.005217391	0.005
FC6	0.0072	0.006857143	0.006545455	0.00626087	0.006
C07-C08	0.017641828	0.016801741	0.016038025	0.01534072	0.014701523
C09-C10	0.007602019	0.007240018	0.006910926	0.006610451	0.006335015
C11	0.001977605	0.001883433	0.001797822	0.001719656	0.001648004
C12+	0.003778549	0.003598618	0.003435044	0.003285695	0.003148791

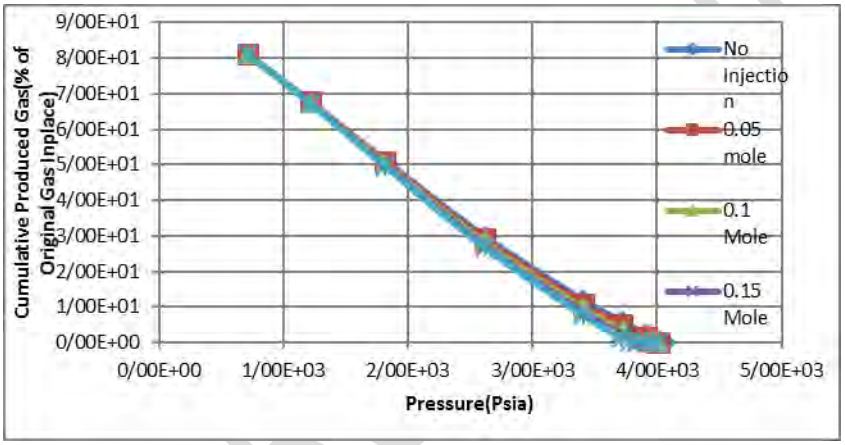
نتایج حاصل از این مدل در شکل های (۷) تا (۱۳) مشخص شده است. شکل (۷) حجم مایع تجمعی را نشان می دهد. همانگونه که مشخص است با افزایش مول تزریقی گاز دی اکسید کربن سطح زیر منحنی کاهش پیدا می کند. به عبارتی افزایش گاز دی اکسید کربن باعث کاهش مقدار مایع تجمعی خواهد شد. بنابراین برای جلوگیری از تشکیل میعانات گازی در شرایط مخزن تزریق گاز دی اکسید کربن می تواند گزینه مناسبی باشد. شکل(۸) میزان گاز خروجی را برای مولهای تزریقی مختلف نمایش می دهد. با افزایش مقدار مولی CO2 میزان گاز خروجی کاهش می یابد. شکل(۹) دیاگرام فازی سیال مورد نظر را به ازای مقادیر مولی مختلف گاز دی اکسید کربن نمایش می دهد. افزایش گاز دی اکسید کربن باعث کوچکتر شدن ناحیه دوفازی و کاهش نقطه فشار شبنم می شود. این مورد بخاطر سنگینتر شدن سیال بوده و درنتیجه ناحیه دوفازی کاهش می یابد. افزایش مول تزریقی گاز CO2 موجب کاهش میزان تراکم پذیری همدمای گاز و انحراف بیشتر از حالت گاز ایده ال شده و همچنین با عث افزایش مقدار ویسکوزیته مایع و گاز در فشار های مختلف می شود.(شکلهای(۱۰) تا (۱۳))

www.SID.ir

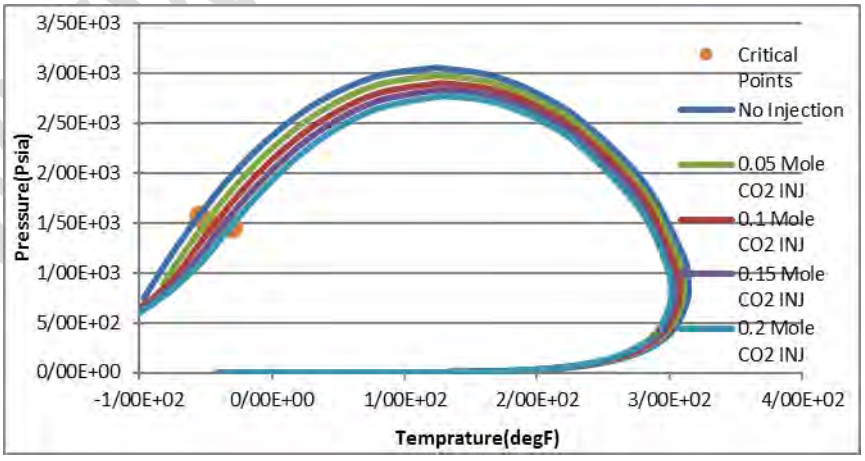
Archive of SID



شکل ۸. تغییرات میزان مایع تجمعی باتغییرمول تزریقی گازCO2



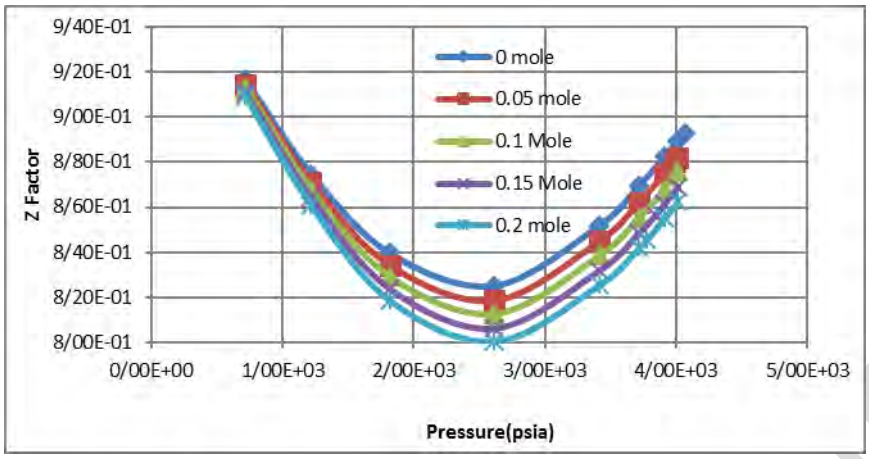
شکل ۹. تغییرات میزان گازتولیدی باتغییرمول تزریقی گازCO2



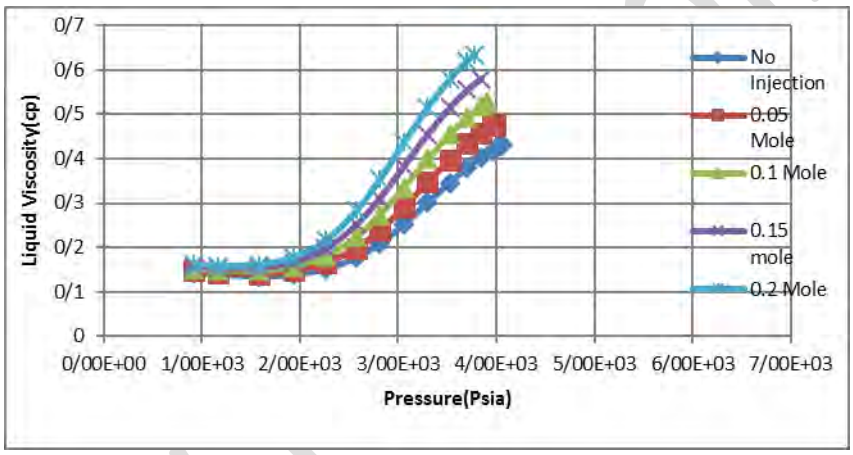
شکل ۱۰. تاثیرتغییرمول تزریقی گازCO2برروی نمودارفازی

www.SID.ir

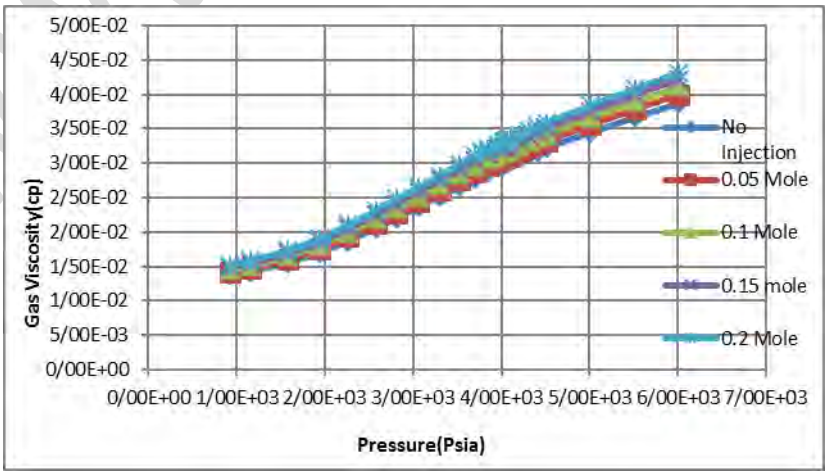
Archive of SID



شکل ۱۱. تاثیرتغییرمول تزریقی گازCO_2 برروی ضریب تراکم پذیری همدمای گاز



شکل۱۲. تاثیرتغییرمول تزریقی گازCO_2 برروی ویسکوزیته مایع



شکل ۱۳. تاثیرتغییرمول تزریقی گازCO_2 برروی ویسکوزیته گاز

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۲ تزریق گاز N2

در این سناریو گاز نیتروژن بصورت خالص با مقدار مولهای مختلف به سیستم گاز میعانی مورد مطالعه تزریق می شود. درصد مولی اجزاء بعد از تزریق گاز نیتروژن برای مولهای مختلف در جدول (۴-۶) مشخص شده است. همانگونه که در این جدول مشخص شده است با افزایش مول تزریقی گاز نیتروژن درصد جزء نیتروژن افزایش یافته و درصد دیگر اجزاء کاهش می یابد.

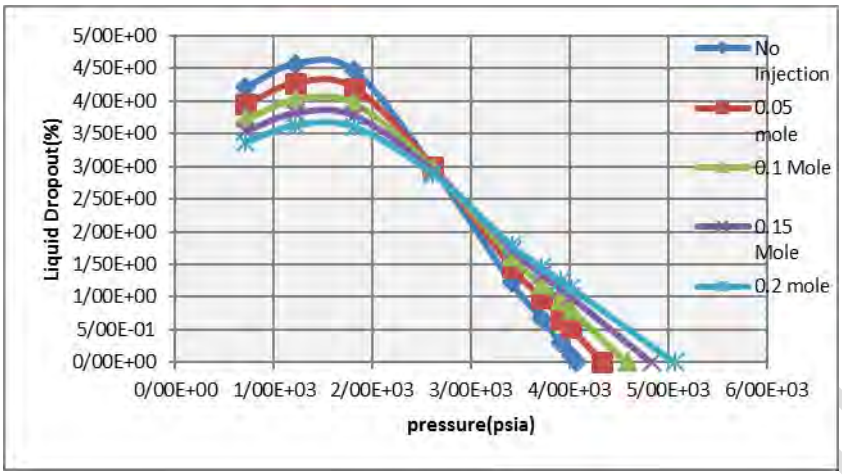
جدول ۶. تغییرات ترکیب اجزاء سیال با تزریق مولهای مختلف گاز N2

component	0 mole N2	0.05 mole N2	0.1 mole N2	0.15 mole N2	0.2 mole N2
CO2	0.0244	0.023238095	0.022181818	0.021217391	0.020333333
N2	0.0008	0.048380952	0.091636364	0.131130435	0.167333333
C1	0.821	0.781904762	0.746363636	0.713913043	0.684166667
C2	0.0578	0.055047619	0.052545455	0.05026087	0.048166667
C3	0.0287	0.027333333	0.026090909	0.024956522	0.023916667
IC4	0.0056	0.005333333	0.005090909	0.004869565	0.004666667
NC4	0.0123	0.011714286	0.011181818	0.010695652	0.01025
IC5	0.0052	0.004952381	0.004727273	0.004521739	0.004333333
NC5	0.006	0.005714286	0.005454545	0.005217391	0.005
FC6	0.0072	0.006857143	0.006545455	0.00626087	0.006
C07-C08	0.017641828	0.016801741	0.016038025	0.01534072	0.014701523
C09-C10	0.007602019	0.007240018	0.006910926	0.006610451	0.006335015
C11	0.001977605	0.001883433	0.001797822	0.001719656	0.001648004
C12+	0.003778549	0.003598618	0.003435044	0.003285695	0.003148791

در شکل (۱۴) با افزایش تزریق گاز نیتروژن در فشارهای بالا مقدار مایع تجمعی افزایش و در فشارهای پایین کاهش می یابد. این امر به این دلیل است که افزایش گاز نیتروژن باعث افزایش نقطه شبنم می شود و این به مفهوم زود تر رسیدن شرایط مخزن به نقطه دو فازی و تشکیل میعانات گازی می باشد.همچنین با افزایش مول تزریقی نیتروژن تشکیل مایع زودتر آغاز شده و روند کاهشی آن نیز زودتر شروع می شود. در شکل(۱۵) با افزایش مقدار مولی N2 میزان گاز خروجی افزایش می یابد.در شکل(۱۶) گاز نیتروژن باعث بزرگتر شدن ناحیه دوفازی و افزایش نقطه فشار شبنم می شود. این مورد بخاطر سبکتر شدن سیال می باشد.

www.SID.ir

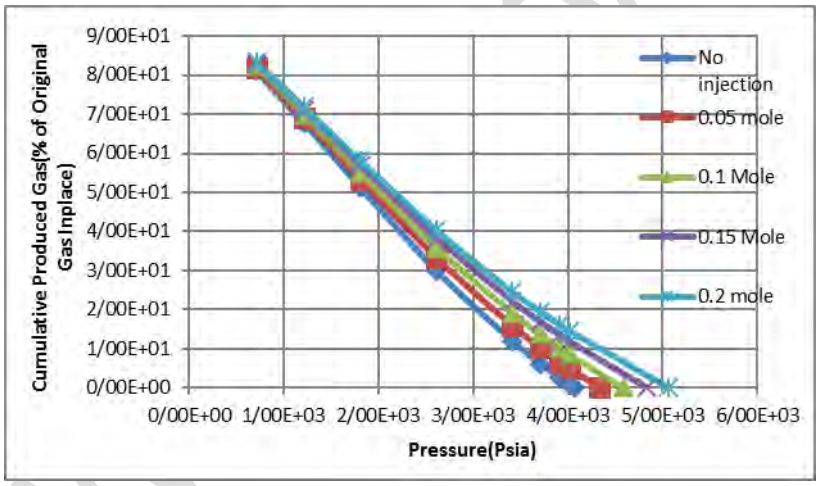
Archive of SID



شکل ۱۴. تغییرات میزان مایع تجمعی باتغییرمول تزریقی گازN2

افزایش مول تزریقی گاز N2 موجب افزایش میزان تراکم پذیری همدمای گاز و انحراف کمتر از حالت گاز ایده ال می شود.

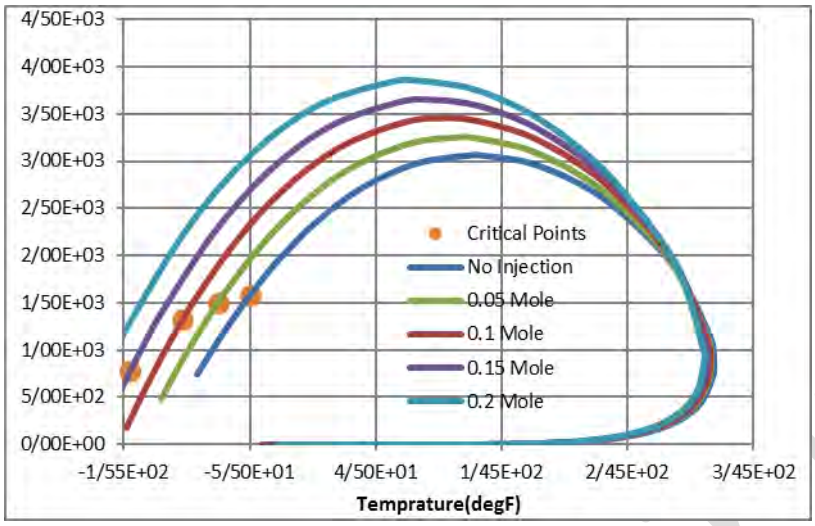
همچنین افزایش مول تزریقی گاز N2 تاثیر چندانی بر روی مقدار ویسکوزیته مایع و گاز در فشار های مختلف نمی گذارد.



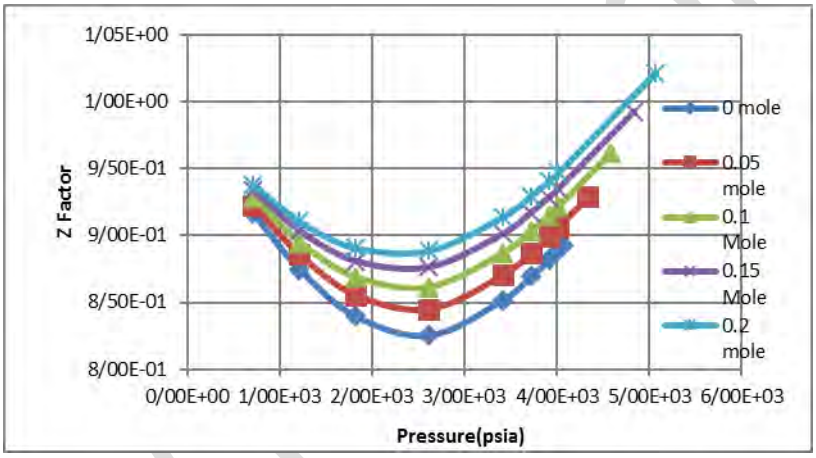
شکل ۱۵. تغییرات میزان گازتولیدی باتغییرمول تزریقی گازN2

www.SID.ir

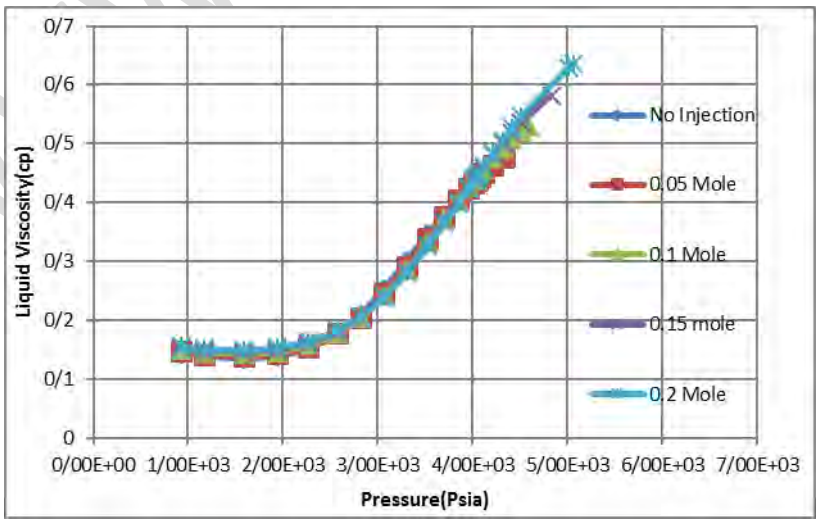
Archive of SID



شکل ۱۶. تاثیرتغییرمول تزریقی گازN2برروی نمودارفازی



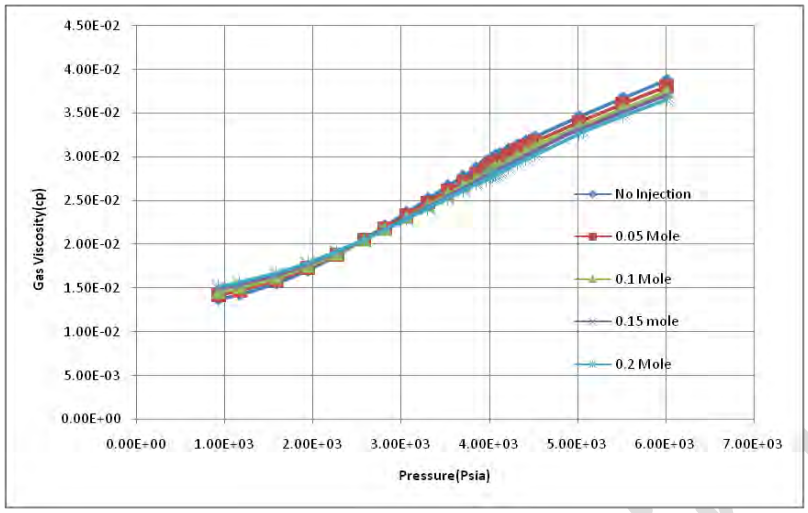
شکل ۱۷. تاثیرتغییرمول تزریقی گازN2برروی ضریب تراکم پذیری همدمای گاز



شکل ۱۸. تاثیرتغییرمول تزریقی گازN2برروی ویسکوزیته مایع

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۹. تاثیرتغییرمول تزریقی گازN2 برروی ویسکوزیته گاز

۳-۳ تزریق مخلوط گازهای نیتروژن و دی اکسید کربن

۱- تزریق ۵۰ درصد N2 با ۵۰ درصد CO2

۲- تزریق ۶۰ درصد N2 با ۴۰ درصد CO2

۳- تزریق ۴۰ درصد N2 با ۶۰ درصد CO2

در زیر نتایج مربوط به هر سناریو تشریح خواهد شد.

۳-۳-۱ تزریق ۵۰ درصد N2 با ۵۰ درصد CO2

درصد مولی اجزاء بعد از تزریق مخلوط گازی برای مولهای مختلف در جدول (۷) مشخص شده است. همانگونه که در این جدول مشخص شده است با افزایش مول تزریقی مخلوط گازی درصد اجزاء دی اکسیدکربن و نیتروژن افزایش یافته و درصد دیگر اجزاء کاهش می یابد.

جدول۷. تغییرات ترکیب اجزاء سیال با تزریق مولهای مختلف مخلوط گازی (50%N2+50%CO2)

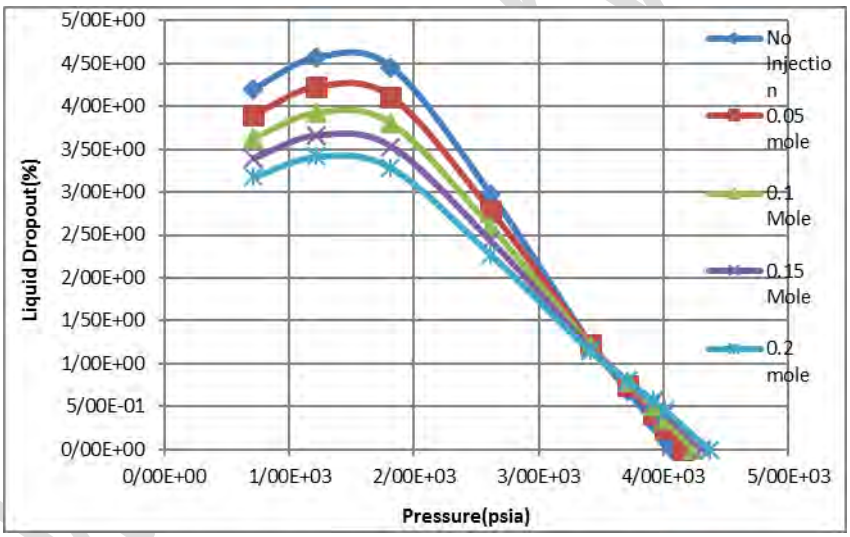
component	0 mole	0.05 mole	0.1 mole	0.15 mole	0.2 mole
CO2	0.0244	0.047047619	0.067636364	0.086434783	0.103666667
N2	0.0008	0.024571429	0.046181818	0.065913043	0.084
C1	0.821	0.781904762	0.746363636	0.713913043	0.684166667
C2	0.0578	0.055047619	0.052545455	0.05026087	0.048166667
C3	0.0287	0.027333333	0.026090909	0.024956522	0.023916667
IC4	0.0056	0.005333333	0.005090909	0.004869565	0.004666667
NC4	0.0123	0.011714286	0.011181818	0.010695652	0.01025
IC5	0.0052	0.004952381	0.004727273	0.004521739	0.004333333
NC5	0.006	0.005714286	0.005454545	0.005217391	0.005
FC6	0.0072	0.006857143	0.006545455	0.00626087	0.006

www.SID.ir

Archive of SID

C07-C08	0.017641828	0.016801741	0.016038025	0.01534072	0.014701523
C09-C10	0.007602019	0.007240018	0.006910926	0.006610451	0.006335015
C11	0.001977605	0.001883433	0.001797822	0.001719656	0.001648004
C12+	0.003778549	0.003598618	0.003435044	0.003285695	0.003148791

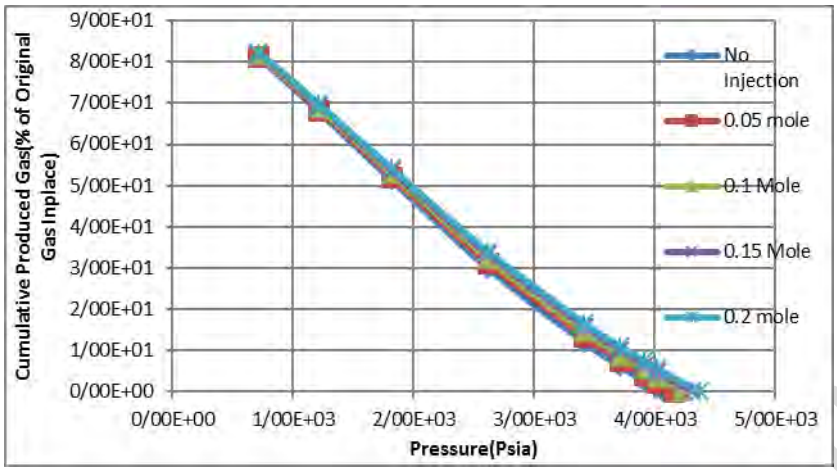
نتایج حاصل از این مدل در شکل های(۲۰) تا (۲۵) مشخص شده است. شکل(۲۰) حجم مایع تجمعی را نشان می دهد. همانگونه که مشخص است با افزایش تزریق مخلوط گازی سطح زیر منحنی کاهش پیدا می کند. به عبارتی افزایش مول تزریقی مخلوط گازی باعث کاهش مقدار مایع تجمعی خواهد شد. بنابراین برای جلوگیری از تشکیل میعانات گازی در شرایط مخزن تزریق این مخلوط گازی می تواند گزینه مناسبی باشد. شکل(۲۱) میزان گاز خروجی را برای مولهای تزریقی مختلف نمایش می دهد. با افزایش مقدار مولی مخلوط گازی میزان گاز خروجی تا حدود کمی افزایش می یابد. شکل(۲۲) دیاگرام فازی سیال مورد نظر را به ازای مقادیر مولی مختلف گاز دی اکسید کربن نمایش می دهد. افزایش تزریق این مخلوط گازی باعث کوچکتر شدن ناحیه دوفازی و کاهش نقطه فشار شبنم می شود. این مورد بخاطر سنگینتر شدن سیال با تزریق مخلوط گازی بوده و درنتیجه ناحیه دوفازی کاهش می یابد. افزایش مول تزریقی مخلوط گازی موجب افزایش میزان تراکم پذیری همدمای گاز و ا نحراف کمتر از حالت گاز ایده ال می شود. همچنین افزایش این مخلوط گازی تاثیر چندانی بر روی مقدار ویسکوزیته گاز در فشار های مختلف نداشته اما موجب افزایش ویسکوزیته مایع می شود.(شکلهای(۲۳) تا (۲۵))



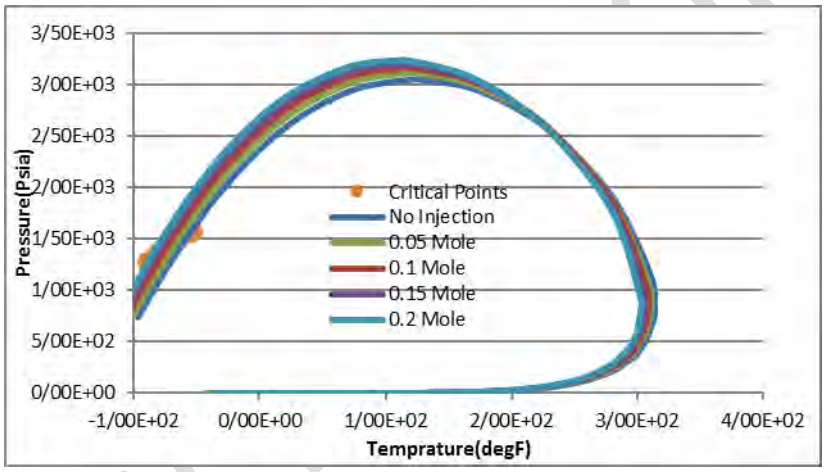
شکل ۲۰. تغییرات میزان مایع تجمعی باتغییرمول تزریقی مخلوط گازی (50%N2+50%CO2)

www.SID.ir

Archive of SID



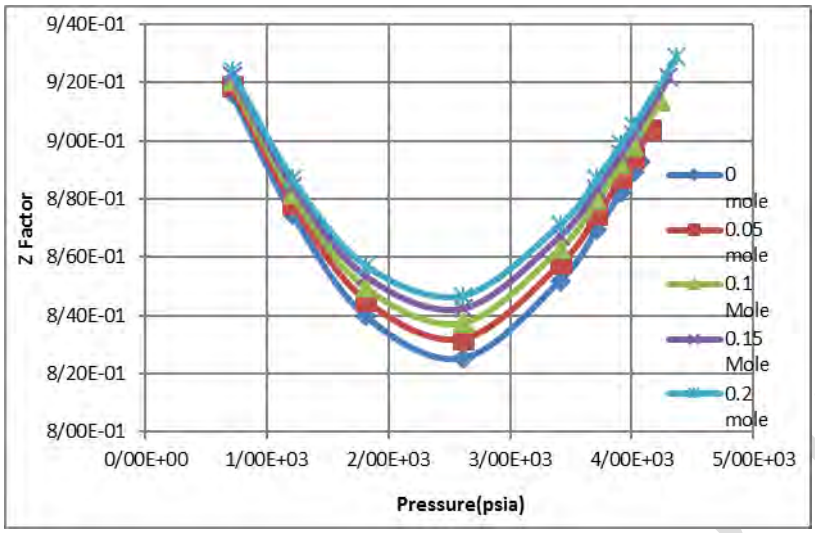
شکل ۲۱. تغییرات میزان گازتولیدی باتغییرمول تزریقی مخلوط گازی(50%N2+50%CO2)



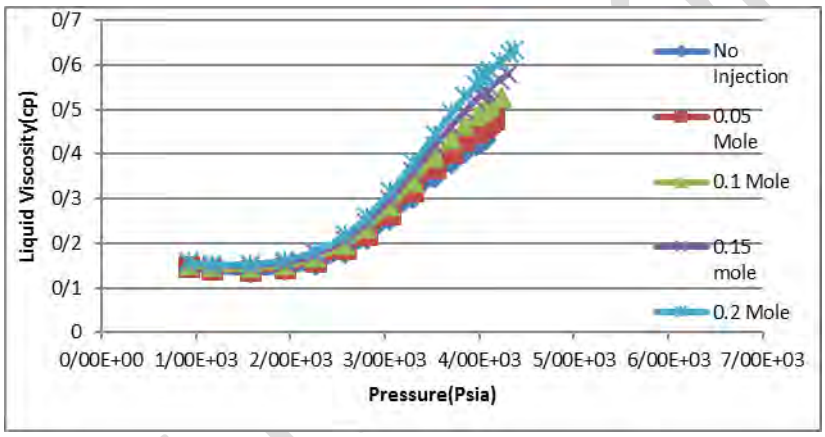
شکل ۲۲. تاثیرتغییرات مول تزریقی مخلوط گازی (50%N2+50%CO2) برروی نمودارفازی

www.SID.ir

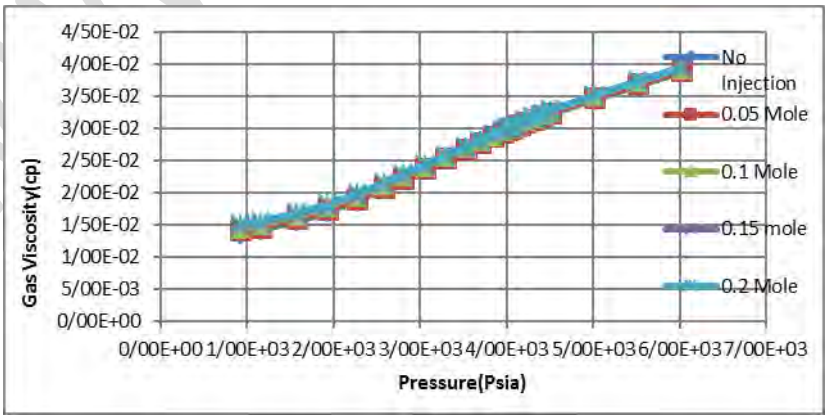
Archive of SID



شکل۲۳. تاثیرتغییرات مول تزریقی مخلوط گازی(50%N2+50%CO2) برروی ضریب تراکم پذیری



شکل ۲۴. تاثیرتغییرات مول تزریقی مخلوط گازی (50%N2+50%CO2) برروی ویسکوزیته مایع



شکل ۲۵.تاثیرتغییرات مول تزریقی مخلوط گازی (50%N2+50%CO2) برروی ویسکوزیته گاز

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۳-۲ تزریق ۶۰ درصد N2 با ۴۰ درصد CO2

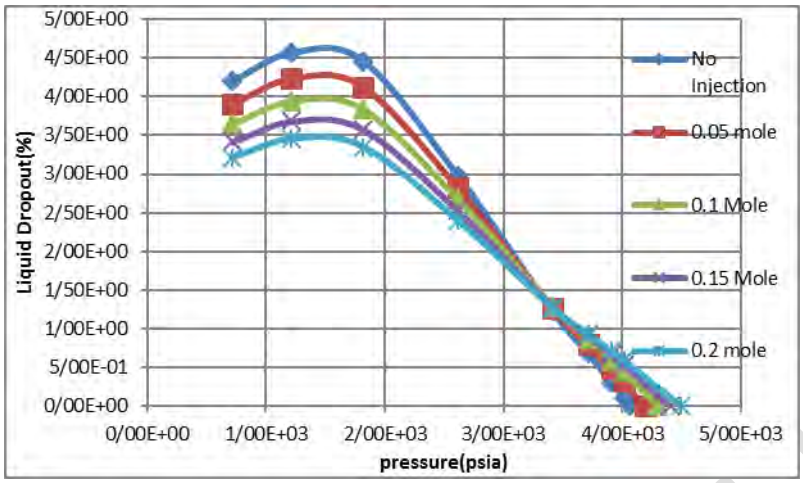
جدول ۸. تغییرات ترکیب اجزاء سیال با تزریق مولهای مختلف مخلوط گازی (60%N2+40%CO2)

component	0 mole	0.05 mole	0.1 mole	0.15 mole	0.2 mole
CO2	0.0244	0.042285714	0.058545455	0.073391304	0.087
N2	0.0008	0.029333333	0.055272727	0.078956522	0.100666667
C1	0.821	0.781904762	0.746363636	0.713913043	0.684166667
C2	0.0578	0.055047619	0.052545455	0.05026087	0.048166667
C3	0.0287	0.027333333	0.026090909	0.024956522	0.023916667
IC4	0.0056	0.005333333	0.005090909	0.004869565	0.004666667
NC4	0.0123	0.011714286	0.011181818	0.010695652	0.01025
IC5	0.0052	0.004952381	0.004727273	0.004521739	0.004333333
NC5	0.006	0.005714286	0.005454545	0.005217391	0.005
FC6	0.0072	0.006857143	0.006545455	0.00626087	0.006
C07-C08	0.017641828	0.016801741	0.016038025	0.01534072	0.014701523
C09-C10	0.007602019	0.007240018	0.006910926	0.006610451	0.006335015
C11	0.001977605	0.001883433	0.001797822	0.001719656	0.001648004
C12+	0.003778549	0.003598618	0.003435044	0.003285695	0.003148791

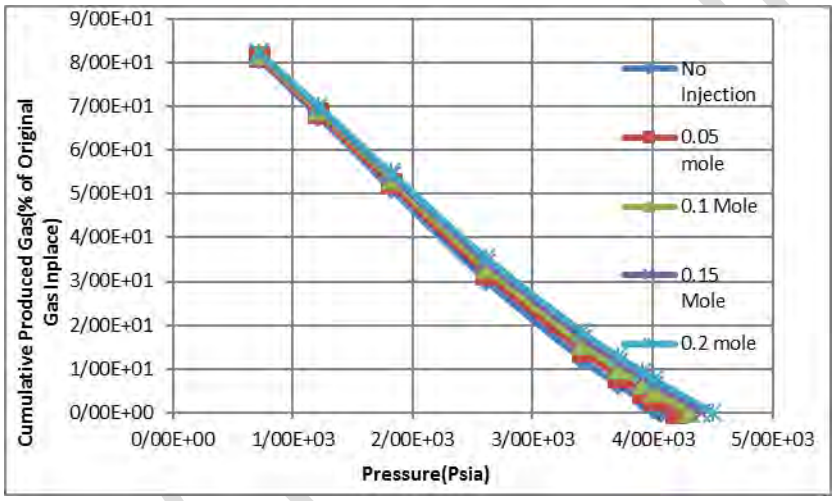
در این حالت مخلوط گازی متشکل از ۴۰ درصد دی اکسیدکربن و ۶۰ درصد نیتروژن با مقادیر مولی مختلف به سیستم گاز میعانی مورد مطالعه تزریق می شود. درصد مولی اجزاء بعد از تزریق مخلوط گازی برای مولهای مختلف در جدول (۸) مشخص شده است. همانگونه که در این جدول مشخص شده است با افزایش مول تزریقی مخلوط گازی درصد اجزاء دی اکسیدکربن و نیتروژن افزایش یافته و درصد دیگر اجزاء کاهش می یابد.نتایج حاصل از این مدل در شکل های(۲۶) تا(۳۱) مشخص شده است. شکل (۲۶) حجم مایع تجمعی را نشان می دهد. همانگونه که مشخص است با افزایش تزریق مخلوط گازی سطح زیر منحنی کاهش پیدا می کند. به عبارتی افزایش مول تزریقی مخلوط گازی باعث کاهش مقدار مایع تجمعی خواهد شد. بنابراین برای جلوگیری از تشکیل میعانات گازی در شرایط مخزن تزریق این مخلوط گازی می تواند گزینه مناسبی باشد. شکل (۲۷) میزان گاز خروجی را برای مولهای تزریقی مختلف نمایش می دهد. با افزایش مقدار مولی مخلوط گازی میزان گاز خروجی تقریبا بدون تغییر و تاحدود بسیار کمی کاهش می یابد. شکل (۲۸) دیاگرام فازی سیال مورد نظر را به ازای مقادیر مول تزریقی مخلوط گازی نمایش می دهد. افزایش تزریق این مخلوط گازی باعث بزرگتر شدن ناحیه دوفازی و افزایش فشار شبنم در دماهای پایین شده و در دماهای بالا باعث کاهش فشار شبنم و کوچکتر شدن ناحیه دوفازی می شود. افزایش مول تزریقی مخلوط گازی موجب افزایش میزان تراکم پذیری همدمای گاز و ا نحراف کمتر از حالت گاز ایده ال می شود. همچنین افزایش این مخلوط گازی تاثیر چندانی بر روی مقدار ویسکوزیته گاز در فشار های مختلف نداشته اما موجب افزایش ویسکوزیته مایع می شود.شکل های (۲۹) تا (۳۱)

www.SID.ir

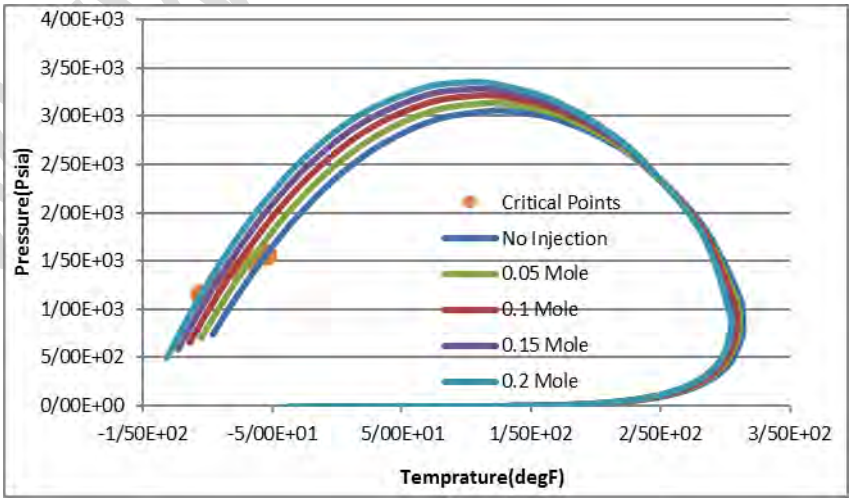
Archive of SID



شکل ۲۶. تغییرات میزان مایع تجمعی باتغییرمول تزریقی مخلوط گازی (60%N2+40%CO2)



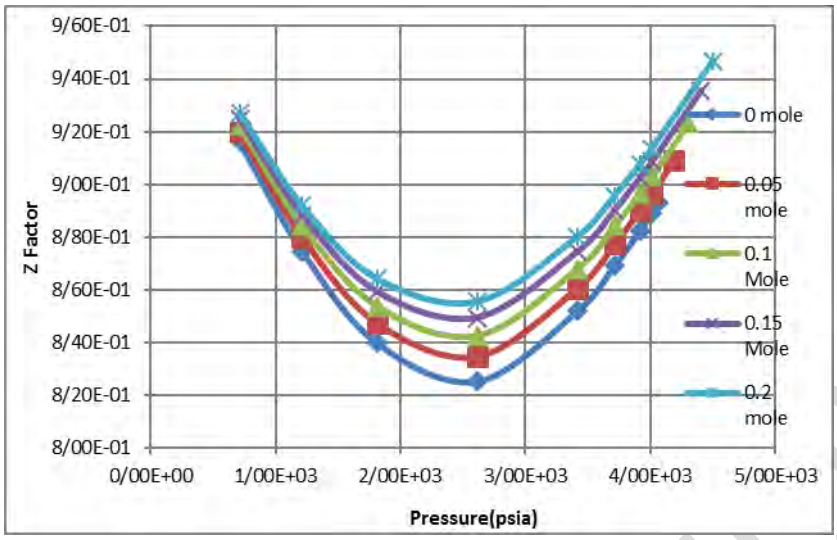
شکل ۲۷. تغییرات میزان کازتولیدی باتغییرمو ل تزریقی مخلوط گازی (60%N2+40%CO2)



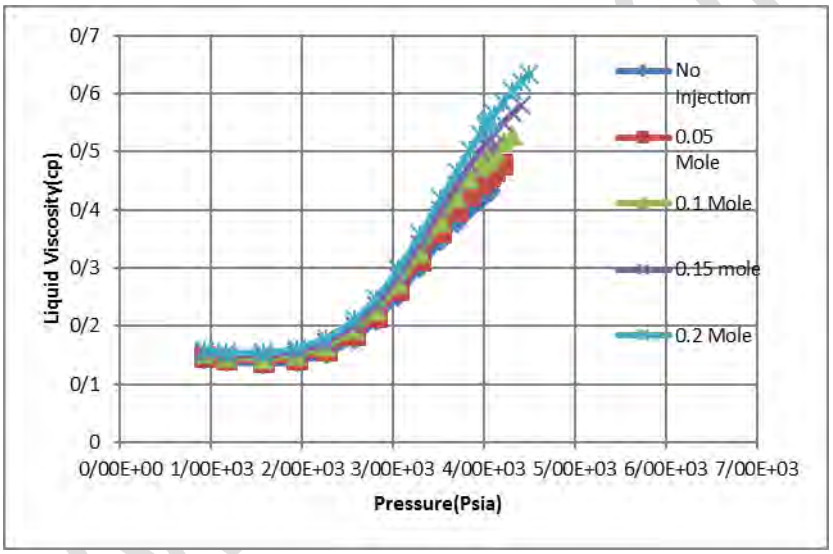
شکل ۲۸.تاثیرتغییرات مول تزریقی مخلوط گازی (60%N2+40%CO2) برروی نمودارفازی

www.SID.ir

Archive of SID



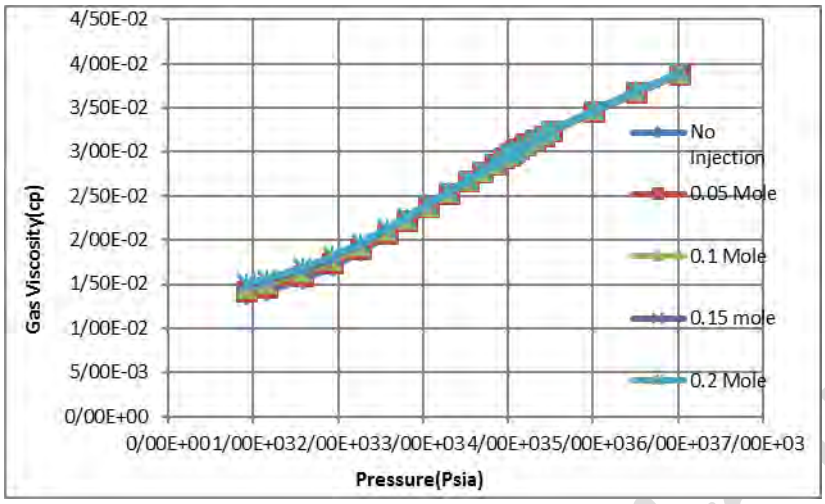
شکل۲۹. تاثیرتغییرات مول تزریقی مخلوط گازی (60%N2+40%CO2) برروی ضریب تراکم پذیری



شکل ۳۰. تاثیرتغییرات مول تزریقی مخلوط گازی (60%N2+40%CO2) برروی ویسکوزیته مایع

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳۱.تاثیرتغییرات مول تزریقی مخلوط گازی (60%N2+40%CO2) برروی ویسکوزیته گاز

۳-۳-۳ تزریق ۴۰ درصد N2 با ۶۰ درصد CO2

در این حالت مخلوط گازی متشکل از ۶۰ درصد دی اکسیدکربن و ۴۰ درصد نیتروژن با مقادیر مولی مختلف به سیستم گاز میعانی مورد مطالعه تزریق می شود. درصد مولی اجزاء بعد از تزریق مخلوط گازی برای مولهای مختلف در جدول (۹) مشخص شده است. همانگونه که در این جدول مشخص شده است با افزایش مول تزریقی مخلوط گازی درصد اجزاء دی اکسیدکربن و نیتروژن افزایش یافته و درصد دیگر اجزاء کاهش می یابد.

جدول۹. تغییرات ترکیب اجزاء سیال با تزریق مولهای مختلف مخلوط گازی (40%N2+60%CO2)

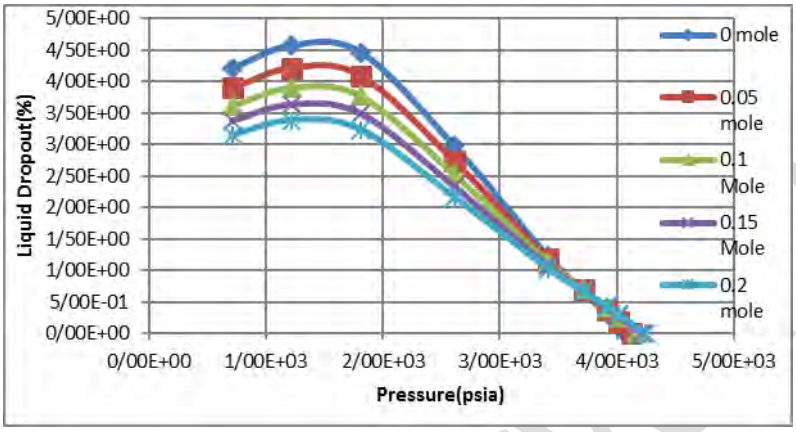
component	0 mole	0.05 mole	0.1 mole	0.15 mole	0.2 mole
CO2	0.0244	0.051809524	0.076727273	0.099478261	0.120333333
N2	0.0008	0.019809524	0.037090909	0.052869565	0.067333333
C1	0.821	0.781904762	0.746363636	0.713913043	0.684166667
C2	0.0578	0.055047619	0.052545455	0.05026087	0.048166667
C3	0.0287	0.027333333	0.026090909	0.024956522	0.023916667
IC4	0.0056	0.005333333	0.005090909	0.004869565	0.004666667
NC4	0.0123	0.011714286	0.011181818	0.010695652	0.01025
IC5	0.0052	0.004952381	0.004727273	0.004521739	0.004333333
NC5	0.006	0.005714286	0.005454545	0.005217391	0.005
FC6	0.0072	0.006857143	0.006545455	0.00626087	0.006
C07-C08	0.017641828	0.016801741	0.016038025	0.01534072	0.014701523
C09-C10	0.007602019	0.007240018	0.006910926	0.006610451	0.006335015
C11	0.001977605	0.001883433	0.001797822	0.001719656	0.001648004
C12+	0.003778549	0.003598618	0.003435044	0.003285695	0.003148791

نتایج حاصل از این مدل در شکل های (۳۲) تا (۳۷) مشخص شده است. شکل(۳۲) حجم مایع تجمعی را نشان می دهد. همانگونه که مشخص است با افزایش تزریق مخلوط گازی سطح زیر منحنی کاهش پیدا می کند. به عبارتی افزایش مول تزریقی مخلوط گازی باعث کاهش مقدار مایع تجمعی خواهد شد. بنابراین برای جلوگیری از تشکیل میعانات گازی در شرایط مخزن تزریق این مخلوط گازی می تواند گزینه مناسبی باشد. شکل(۳۳) میزان گاز خروجی را برای مولهای تزریقی مختلف

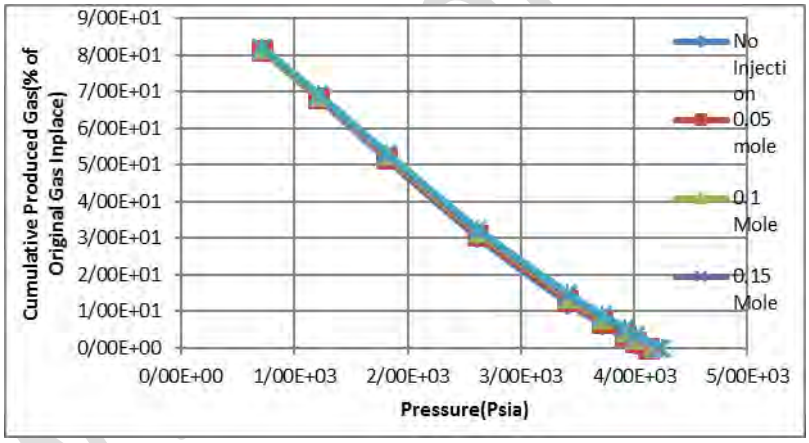
www.SID.ir

Archive of SID

نمایش می دهد. با افزایش مقدار مولی مخلوط گازی میزان گاز خروجی تقریبا بدون تغییر و تاحدود بسیار کمی افزایش می یابد. شکل(۳۴) دیاگرام فازی سیال مورد نظر را به ازای مقادیر مول تزریقی مخلوط گازی نمایش می دهد. افزایش تزریق این مخلوط گازی تاثیر محسوسی بر روی نمودار فازی ندارد. افزایش مول تزریقی مخلوط گازی موجب افزایش نسبتا کمی در میزان تراکم پذیری همدمای گاز و انحراف کمتر از حالت گاز ایده ال می شود. همچنین افزایش این مخلوط موجب افزایش ویسکوزیته مایع و گاز می شود. (شکل های (۴-۳۵) تا (۳۷))



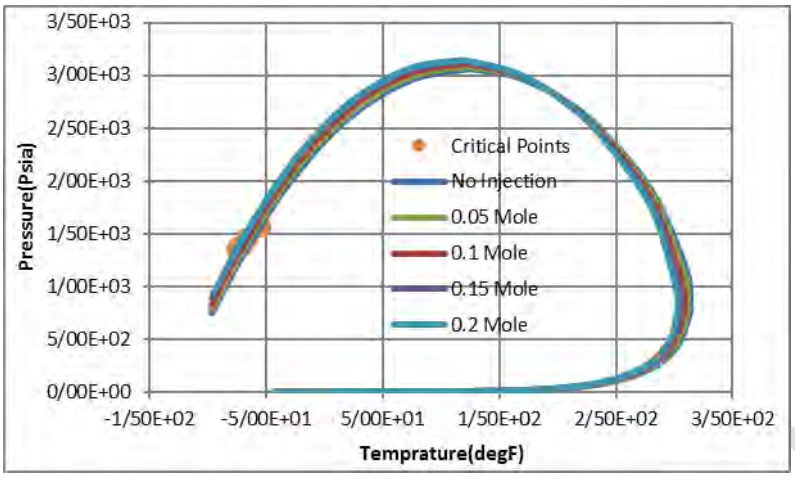
شکل ۳۲. تغییرات میزان مایع تجمعی باتغییرمول تزریقی مخلوط گازی (40%N2+60%CO2)



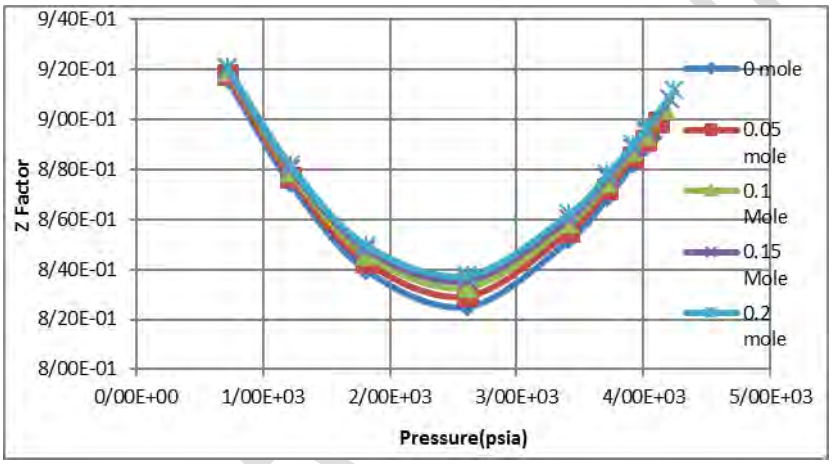
شکل ۳۳. تغییرات میزان گازتولیدی باتغییرمول تزریقی مخلوط گازی (40%N2+60%CO2)

www.SID.ir

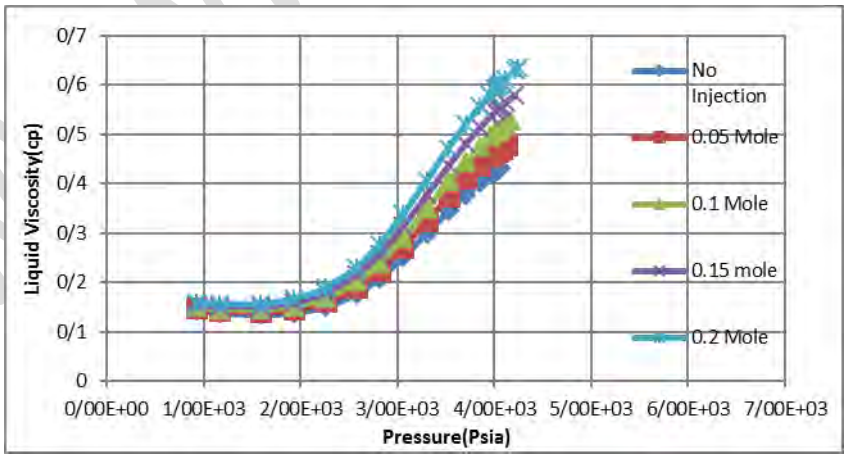
Archive of SID



شکل ۳۴. تاثیرتغییرات مول تزریقی مخلوط گازی (40%N2+60%CO2) برروی نمودارفازی



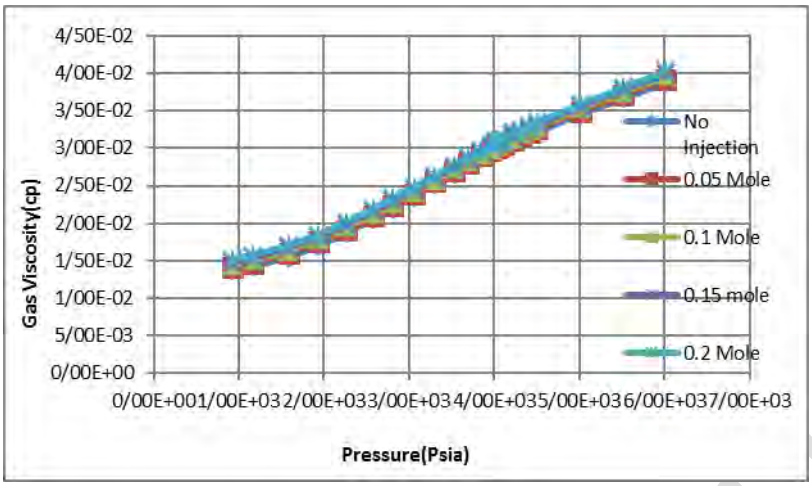
شکل ۳۵. تغییرات ضریب تراکم پذیری باتغییرمول تزریقی مخلوط گازی (40%N2+60%CO2)



شکل ۳۶. تغییرات ویسکوزیته مایع باتغییرمول تزریقی مخلوط گازی (40%N2+60%CO2)

www.SID.ir

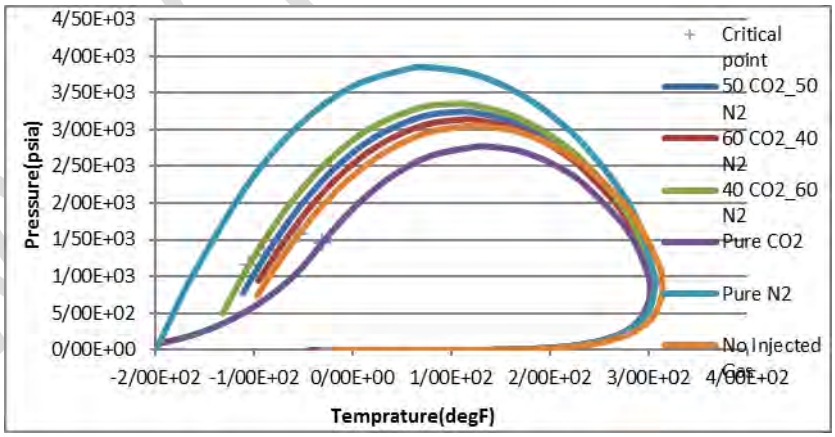
Archive of SID



شکل ۳۷. تاثیرتغییرات مول تزریقی مخلوط گازی (40%N2+60%CO2) برروی ویسکوزیته گاز

۴- مقایسه کلی

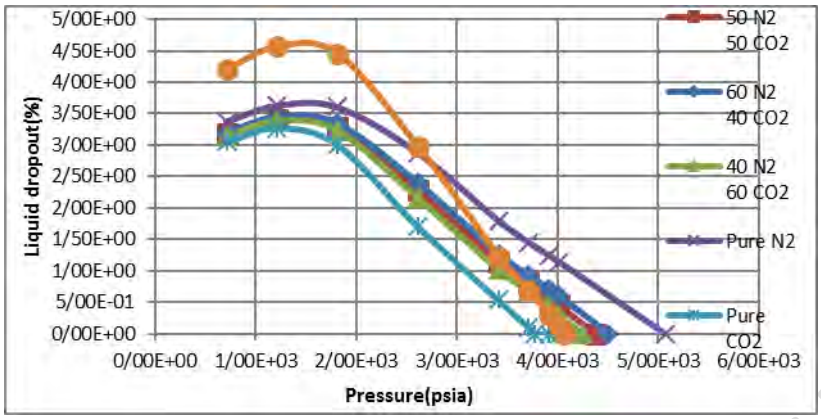
چنانچه حالتهای مختلف تزریق را به ازای یک مول گاز تزریقی با هم مقایسه کنیم می بینیم که هرچه درصد گاز دی اکسید کربن در مخلوط گاز تزریقی بیشتر باشد میزان مایع انباشتی کاهش می یابد. بنابراین بهترین گزینه تزریق برای مدل گاز میعانی مورد مطالعه در بین موارد مطرح شده در بالا تزریق گاز دی اکسید کربن می باشد. همانگونه که مشخص است در همه حالات تزریقی میزان مایع انباشتی نسبت به حالتی که هیچ گونه تزریقی نداشته باشیم کاهش می یابد اما هرچه درصد CO2 تزریقی زیادتر باشد میزان مایع تجمعی بیشترکاهش می یابد. شکلهای(۳۸)تا(۴۳) تاثیر تزریق ۰,۲ مول از گازهای تزریقی مختلف را به ترتیب بر روی نمودار فازی، مایع انباشتی و میزان گازهای تولیدی، تراکم پذیری همدمای گاز، ویسکوزیته گاز و مایع نشان می دهد. همانگونه که مشخص است نمودارهای تزریق نیتروژن خالص و تزریق دی اکسید کربن خالص در دو طرف همه نمودارها قرار دارند و بقیه حالتها در بین این دو نمودار قرار میگیرند.



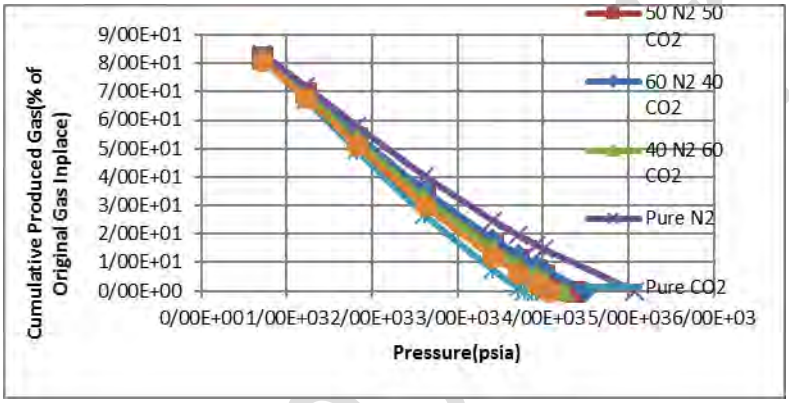
شکل ۳۸. تاثیرتزریق ۰,۲ مول ازگازهای تزریقی مختلف برروی نمودارفازی

www.SID.ir

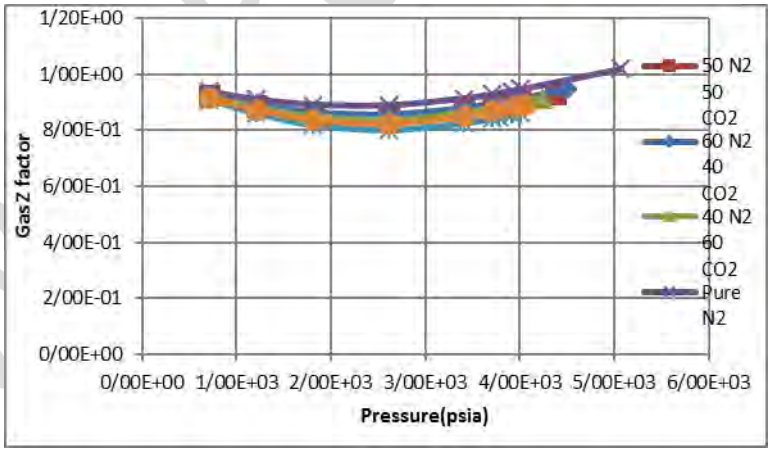
Archive of SID



شکل ۳۹. تاثیرتزریق ۰٫۲ مول ازگازهای تزریقی مختلف برروی میزا نمایع انباشتی



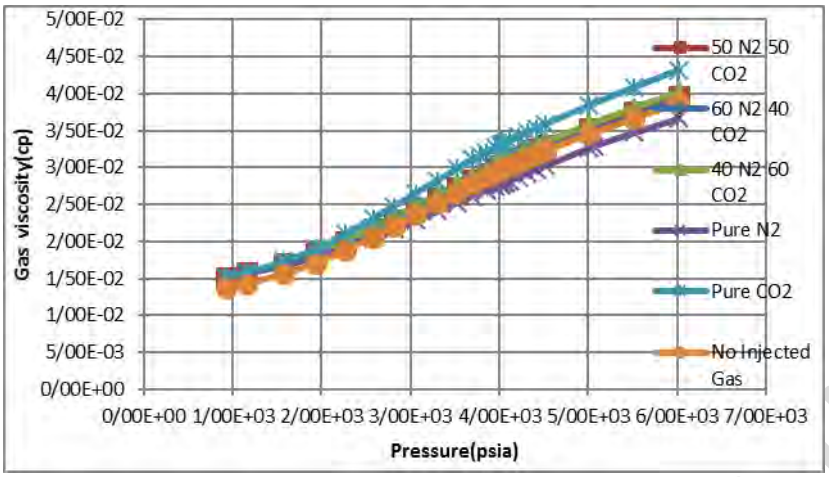
شکل ۴۰.تاثیرتزریق ۰٫۲ مول ازگازهای تزریقی مختلف برروی میزان گازتولیدی



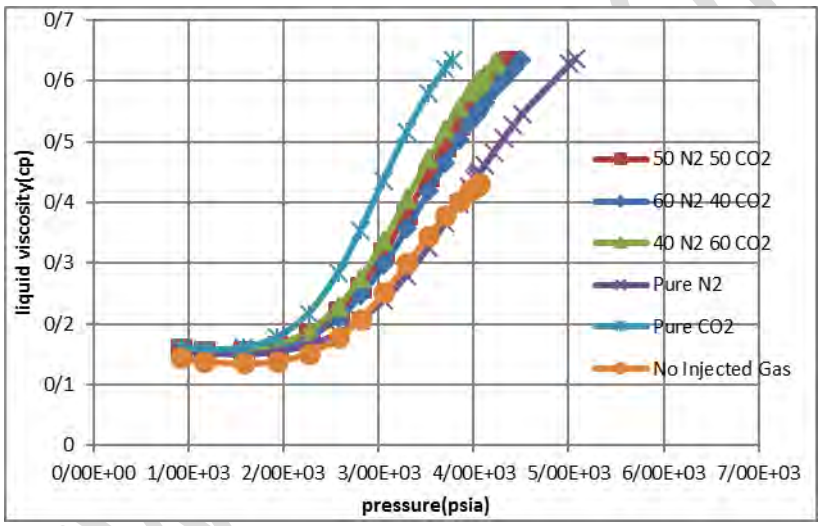
شکل ۴۱.تاثیرتزریق ۰٫۲ مول ازگازهای تزریقی مختلف برروی ضریب تراکم پذیری همدمای گاز

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴۲.تاثیرتزریق ۰,۲ مول ازگازهای تزریقی مختلف برروی ویسکوزیته گاز



شکل ۴۳. تاثیرتزریق ۰,۲ مول ازگازهای تزریقی مختلف برروی ویسکوزیته مایع

۵- نتیجه گیری

۱- درمدیریت مخازن گازمیعانی سعی براین است که میعانات درمخازن تشکیل نشوند و درصورت تشکیل تزریق گازبه مخزن جهت جبران افت فشارایجادشده ناشی ازتولید،یک راه عملیاتی و موثر میباشد.

۲- مهمترین دلیل تشکیل میعانات گازی، کاهش فشارناحیه اطراف چاه به زیرنقطه شبنم میباشد.

۳- انتخاب دبی تولید مناسب و بهینه جهت افزایش میعانات گازی یک راهکار مناسب وعملیاتی است.

۴- درمخازن گازمیعانی نمونه گیری و اندازه گیری خواص سیالات مخزن بادقت بیشتری بایستی انجام گیرد.

۵- تزریق گازموثرترین راه جهت افزایش بازیافت میعانات گازی میباشد.

www.SID.ir

Archive of SID

۶- باافزایش دبی تزریقی به مخزن میزان برداشت میعانات افزایش می یابد.

۷- درصورت تولیدبه روش تخلیه طبیعی فشارنقطه شبنم افزایش ورسوب گذاری مایعات در مخزن آغاز میشود.

۸- تزریق گازCO2 بیشتر ازسایرمواردتزریق ،باعث کاهش میزان میعانات تجمعی درمخزن میشود.

۹- تزریق گازCO2 بیشترازسایرمواردتزریق ، باعث کوچکترشدن ناحیه دوفازی وکاهش فشارنقطه شبنم میشود.

۱۰- تزریق گازN2 بیشترازسایرمواردتزریق ، باعث افزایش میزان گازخروجی میشود.

۱۱- تزریق گازN2 باعث افزایش میزان تراکم پذیری همدمای گاز وتزریق گاز CO2باعث کاهش میزان تراکم پذیری همدمای گازمیشود.

۱۲- تزریق گازCO2 باعث افزایش ویسکوزیته مایع وگاز وتزریق گاز N2تاثیرچندانی برویسکوزیته ندارد.

۱۳- مخلوط گازی (CO2+N2) باعث افزایش میزان گاز تولیدی وافزایش ضریب تراکم پذیری گازمیشود.

۱۴- مخلوط گازی (CO2+N2) باعث افزایش ویسکوزیته مایع میشود ولی تاثیرچندانی برویسکوزیته گازندارد.

منابع

۱- عادل زاده ،محمدرضا،آموزش نرم افزار خواص سیالات مخازن نفت وگاز (Winprop)،۱۳۸۹.

۲- عبدالرسول،ویسیان،پایان نامه کارشناسی ارشدنفت"بررسی اثر تزریق گاز بر خواص سیال مخزن"دانشگاه ازاد اسلامی واحد امیدیه،مهرماه ۱۳۹۲.

۳- سروش ،حسین ،سمینار آموزشی مدیریت بهره برداری ازمخازن گازمیعانی،۱۳۹۰.

4-Lifan et al,''Understanding Gas Condensate Reservoir'',Schlumberger Oil field Review ,pp 14-27,Winter 2005/2006.

5-Ayala,L.F.and Ertekin,T.''Analysis of Gas Cycling Performance in Gas Condensate Reservoir '',paper SPE 95655,2005.

6-Sigmund P .M et al :''Retrograde Condensate in porous media'' SPE 3476,April 1993.

۷-مرکز تحقیقاتی کل کشور(نفت رانسر)

www.SID.ir