Archive of SID

شبیه سازی تزریق امتزاجی گاز دی اکسیدکربندر یکی ازمخازن نفتی باهدف تعیین حداقل فشار امتزاج پذیری گازتزریقی

حامد حسن زاده کرمانی*[۱]، بیژن هنرور[۲]

*۱- دانشجویکارشناسی ارشد مهندسی مخازن هیدرو کربوری - دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقاتفارس
h2music2012@yahoo.com

چکیده

با توجه به نوع مخازن ایران در بحث تزریق گاز به صورت امتزاجی در یک مخزن نفتی بررسی گردید؛ هدف تزریق گاز در این مخزن، بهبود راندمان تولید جهت افزایش بازیافت نهایی است. در ابتدا تئوریهای تزریق گاز و روشهای تحلیل عددی و تجربی برای بدست آوردن حداقل فشار امتزاجی مورد بررسی قرار گرفت. سپس بعد از آنالیز سازگاری داده های خواص سیالات، مرحله مدلسازی سیال مخزن انجام شد. در ادامه توسط شبیه سازی slimtube حداقل فشار امتزاجی را بدست آوردیم و مدل سه بعدی ترکیبی تزریق امتزاجی گاز در یک مخزن نفتی شبیه سازی شد و الگوهای مختلف تزریق مورد بررسی قرار گرفت و بهترین الگوی تزریق بر اساس بیشترین ضریب بازیافت انتخاب و سناریوهای تزریق امتزاجی در لایه ها و دبی‌های متفاوت با سناریوی تخلیه طبیعی مورد مقایسه قرار گرفت .

واژه‌های کلیدی: شبیه سازی ، تزریق گاز امتزاجی،ازدیاد برداشت (EOR)

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نفت مخازن

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات فارس-دکتری مهندسی شیمی

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

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

هنگامی که استخراج نفت از مخزن شروع می شود، فشار مخزن رو به کاهش می گذارد، مگر آنکه نفت استخراجی با جریان سیال دیگری جایگزین شود.بنابراین، مخزن نیازمند به کارگیری روشهای ازدیاد برداشت است. امروزه روشهای مختلفی برای افزایش بازیافت نفت در دنیا اعمال می شود که بنابر ویژگی های مخزن نفتی، با یکدیگر متفاوت هستند. تزریق امتزاجی گاز یکی از مهمترین روشهای ازدیاد برداشت نفت است که کاربرد آن در جهان برای تولید بیشتر نفت روز به روز در حال افزایش است. امروزه به خوبی روشن شده است که تزریق امتزاجی گاز به میزان زیادی در افزایش تولید نفت و نیز بازیافت نفتی که به طور طبیعی به سختی تولید میشود، مؤثر است. هنگامی که استخراج نفت از مخزن شروع می شود، فشار مخزن رو به کاهش می گذارد، مگر آنکه نفت استخراجی با جریان سیال دیگری جایگزین شود.بنابراین، مخزن نیازمند به کارگیری روشهای ازدیاد برداشت است. امروزه روشهای مختلفی برای افزایش بازیافت نفت در دنیا اعمال می شود که بنابر ویژگی های مخزن نفتی، با یکدیگر متفاوت هستند. بر اساس گزارش‌های منتشر شده، با تزریق CO_2 به مخازن نفت در قاره آمریکا و تزریق امتزاجی در آلاسکا، بازیافت نفت افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته است. امروزه به خوبی روشن شده است که تزریق امتزاجی گاز به میزان زیادی در افزایش تولید نفت و نیز بازیافت نفتی که به طور طبیعی به سختی تولید می شود، مؤثر است [۱،۲].

۲- محاسبه و تعیین حداقل فشار امتزاج پذیری[1]

راندمان جابجایی برای تزریق گاز تا حدود زیادی وابسته به حداقل فشار امتزاج پذیری می‌باشد. این فشار کمترین فشاری است که در کمتر از آن سیال تزریقی با نفت مخزن امتزاج‌پذیر نمی‌شود. روش‌های آزمایشگاهی و روابط تجربی متعددی برای محاسبه این فشار وجود دارد. حداقل فشار امتزاج‌پذیری را می‌توان در آزمایشگاه با استفاده از آزمایش لوله باریک[2] و یا آزمایش دستگاه حباب بالا رونده[3] و یا از روابط تجربی ایکن، فیروزآبادی و گلاسو محاسبه نمود. در این پایان‌نامه برای محاسبه حداقل فشار امتزاج‌پذیری از شبیه‌سازی آزمایش لوله باریک با استفاده از نرم افزار Eclipse ۳۰۰ استفاده شده است. در این شبیه‌سازی، گاز CO_2 با ترکیب مشخص در فشارهای مختلف تزریق و درصد بازیافت نهایی در فشارهای مختلف محاسبه شد. در نهایت با رسم منحنی(شکل۱)و جدول (۱) درصد بازیافت بر اساس فشار، حداقل فشار امتزاج پذیری ۱۸۸۱ psi محاسبه شد. همچنین فشار امتزاج‌پذیری در تماس های متعدد[4] با نرم افزار PVTi، ۲۹۹۰ psia بدست آمد.

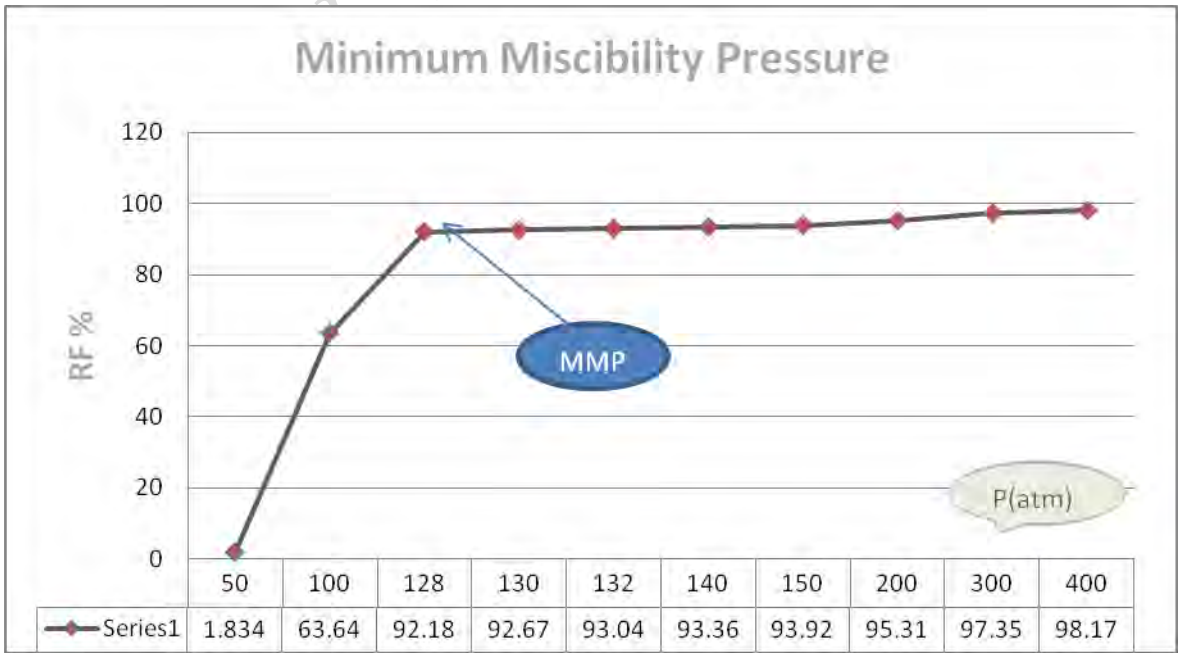
[1] Minimum Miscibility Pressure
[2] Slim Tube
[3] Rising Bubble Apparatus
[4] Multicontact Miscibility

www.SID.ir

Archive of SID

جدول(۱) نتیجه محاسبه **MMP** برای تزریق گازتفکیکگر

P (psi)	P (atm)	RF%
735	50	1.83422
1470	100	63.64809
1881.6	128	92.18887
1911	130	92.67137
1940.4	132	93.0441
2058	140	93.36688
2205	150	93.92654
2940	200	95.31766
4410	300	97.35552
5880	400	98.17331



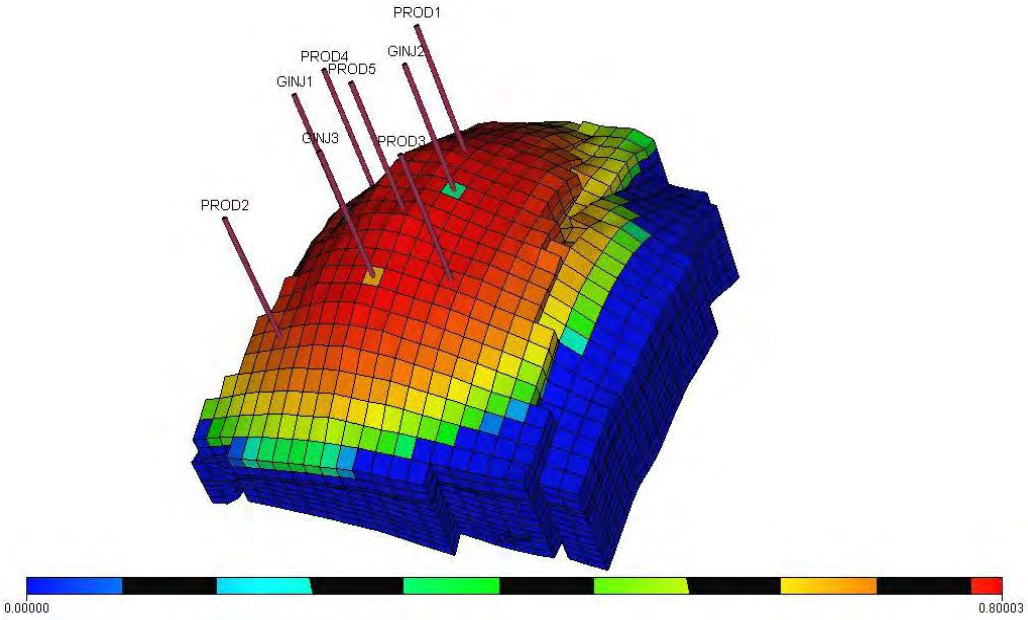
www.SID.ir

Archive of SID

شکل(۱) نمودار حداقل فشار امتزاج پذیری

۳- بهینه کردن موقعیت و تعداد چاه‌های تزریقی

سناریوهای متفاوتی به منظور بررسی موقعیت و تعداد چاه‌های تزریقی بررسی شد. دبی تزریق برای هر چاه در تمام سناریوها ۵*۱۰۶ scf/day در نظر گرفته شد. سناریوی با ۳ چاه تزریقی و ۵ چاه تولیدی در قله مخزن به عنوان بهترین سناریو جهت تزریق انتخاب شد. این سناریو به دلیل این که شیب مخزن در این مکان بسیار مناسب است باعث نفوذ دیر هنگام‌تر گاز در چاه‌های تولیدی نسبت به سناریوهایی که در موقعیت‌هایی با شیب کم قرار دارند می‌شود. همچنین اگر در قله مخزن تعداد چاه‌های تزریقی را افزایش دهیم ضریب بازیافت نهایی نفت افزایش پیدا نمی‌کند. فقط باعث نفوذ زود هنگام گاز در چاه‌های تولیدی می‌شود. موقعیت و مکان چاه‌های تزریقی و تولیدی در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل(۲) موقعیت و مکان چاههای تولیدی و تزریقی در مدل

۴- پیش بینی عملکرد مخزن

در این مطالعه تولید مخزن با تزریق گاز امتزاجیو تخلیه طبیعی شبیه‌سازی شد. مدت زمان تولید برای پیشگوییعملکرد مخزن از سال 2010 تا 2025 می‌باشد. تولید نهایی مخزن در این سناریو تخلیه طبیعی ۱۱۲۵۸۶۸۱۰ بشکه و ۱۳۵۵۲ بشکه در روز است

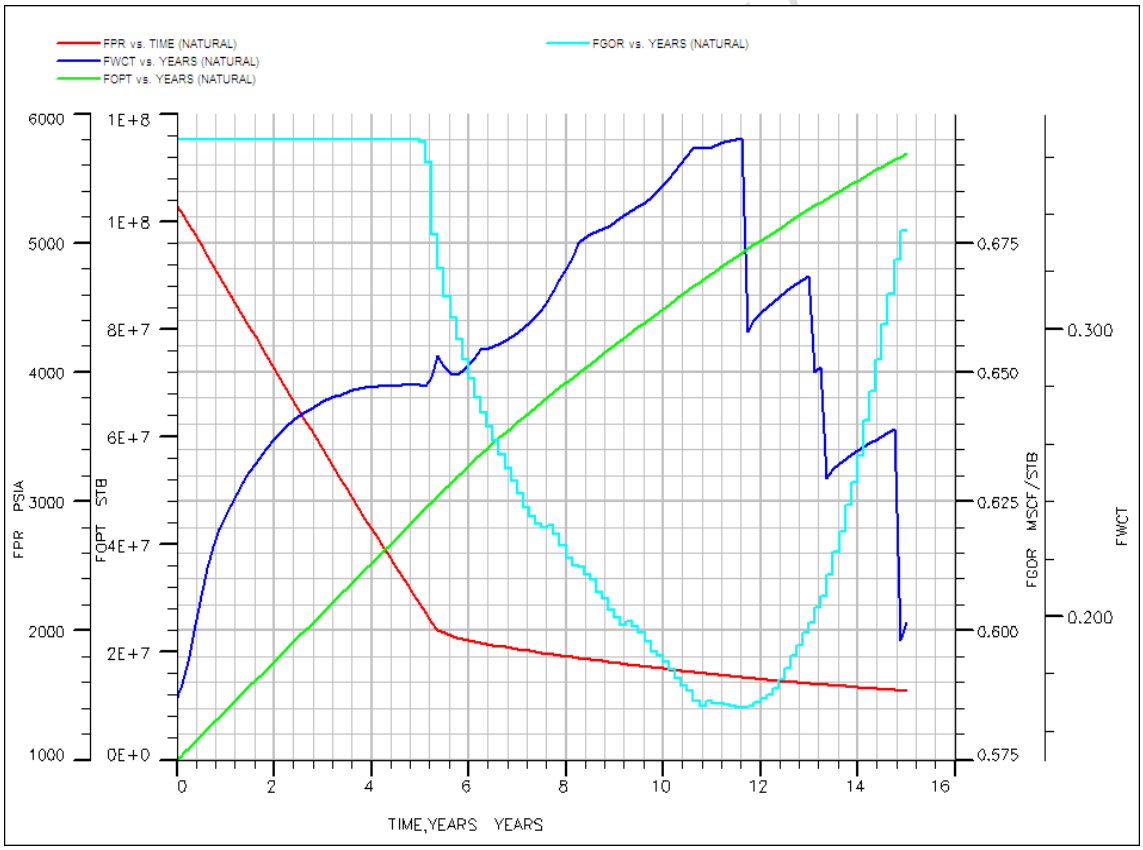
www.SID.ir

Archive of SID

و نسبت گاز به نفت تولیدی تقریباً ثابت و برابر 0/67739856Mscf/Stbاست، فشار مخزن از 5300 به 1533/6278psi کاهش پیدا کرده است و همچنین نسبت برش آب در این سناریو 0/19795884محاسبه شد . . نتایج شبیه‌سازی تخلیه طبیعی مخزن در جدول ۲ و نمودار۳ نشان داده شده است.

جدول (۲) نتایج سناریوی تخلیه طبیعی

FWCT (dimen sionless)	FPR (psi)	FGOR (Mscf/Stb)	FOPT (stb)	Injection On rate (MMscf)	Scenario
0.19795884	1533.6278	0.67739856	۸1.1258681E	۰,۰	Natural



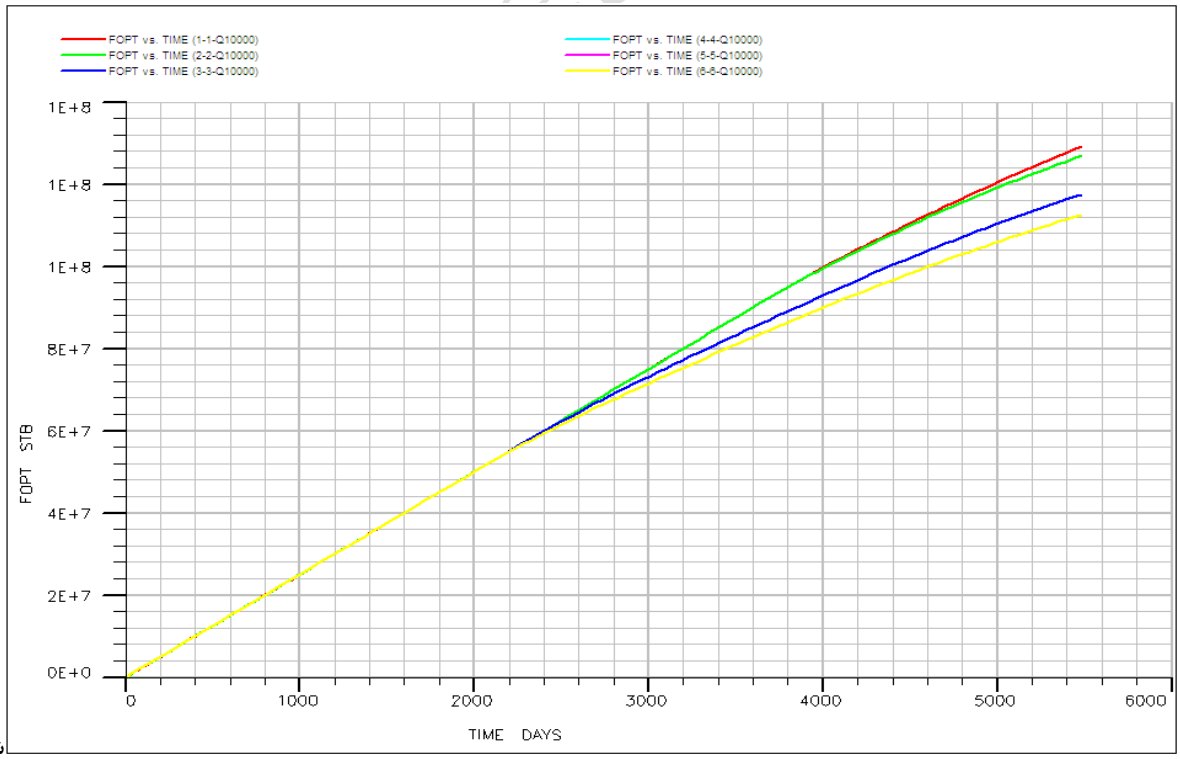
شکل (۳) نمودار برش آب، فشار مخزن، تولید نهایی و نسبت گاز به نفت تولیدی در سناریوی تخلیه طبیعی

۵- سناریوهای تزریق امتزاجی گاز CO_2

www.SID.ir

Archive of SID

یکی از مهمترین پارامترهایی که بر فرآیند جابجایی امتزاجی گاز و راندمان آن تاثیر دارد شدت تزریق گاز می‌باشد. شدت تزریق پایین ممکن است به فرآیند جابجایی آهسته منجر شود که منتج به بازیافت کم نفت در زمان طراحی شده برای پروژه می‌باشد. دبی تزریق بالا نیز ممکن است به نفوذ زود هنگام گاز درچاه‌های تولیدی منجر شود. بدین دلیل چندین سناریوی مختلف جهت تزریق گاز مورد مطالعه قرار گرفته شد. دبی تزریق ثابت ۱۰۷ scf/day و در لایه های مختلف تزریق کردیم و همانطور که در شکل۴ و جدول ۳ می بینیم بهترین لایه، لایه اول است زیرا تزریق در لایه های بالایی به علت تراوایی کمتر سبب شده که گاز تزریقی دیرتر به چاه تولیدی برسد و باعث شود که نفت بیشتری را جابه جا کند و بازیابی بیشتری داشته باشیم برعکس لایه های پایینی دارای تراوایی بیشتر و گاز تزریقی زودتر در چاه تولیدی مشاهده شده و زمان Breakthrough زودتر اتفاق افتاده و بازیابی را در لایه های پایینی کاهش میدهد و بعد شدت تزریق گاز با دبی‌های ثابت 106*۵ و ۱۰۷، ۱۰۷*۱/۵ scf/day ،۱۰۷*۲در هر سناریو به مدت ۱۵ سال انجام شد و بهترین دبی تزریق ۱۰۷*۱,۵ میباشد.در تزریق گاز با دبی۱۰۷*۱,۵ scf/day تولید نهایی مخزن در این سناریو معادل ۱۳۳۱۰۵۹۸۰ بشکه و ۱۹۴۶۰ بشکه در روز است و نسبت گاز به نفت تولیدی تقریباً ثابت و برابر Mscf/Stb0/67739856است، فشار مخزن از 5300 به۲۰۱۷,۵۴۶۳ psi کاهش پیدا کرده است و همچنین نسبت برش آب در این سناریو 0.32359791محاسبه شد . بازیافت نفت در این دبی‌های تزریق در جدول۴ و نمودار۵ نشان داده شده است. با افزایش دبی تزریق گاز، نسبت گاز به نفت تولیدی و فشار مخزن افزایش می‌یابد. برش آب به دلیل افزایش دبی تزریق و افزایش فشار مخزن، کاهش می‌یابد. همچنین در سناریوهای تزریق گاز امتزاجی افزایش دبی تزریق باعث افزایش بازیافت نهایی می‌شود. و در جدول ۵ و نمودار ۶ تا ۱۰ دو سناریو تخلیه طبیعی و تزریق گاز با دبی۱۰۷*۱,۵ scf/day با هم مقایسه کردیم .

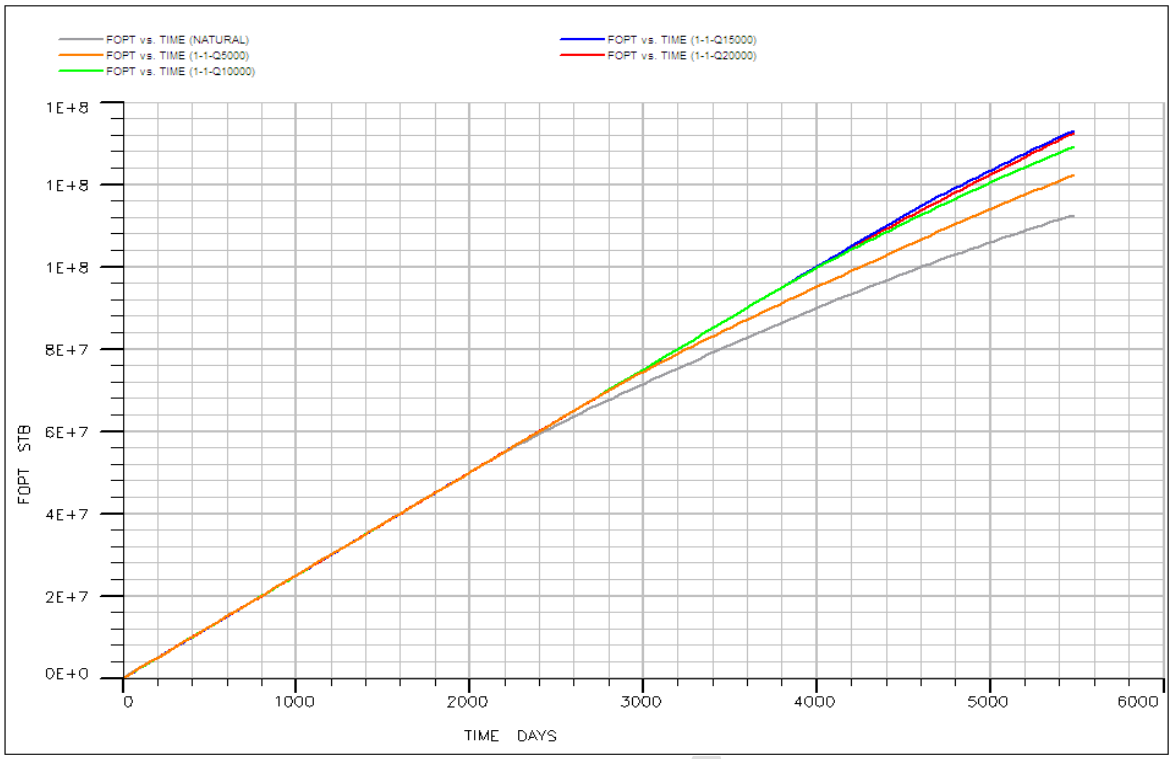


شک

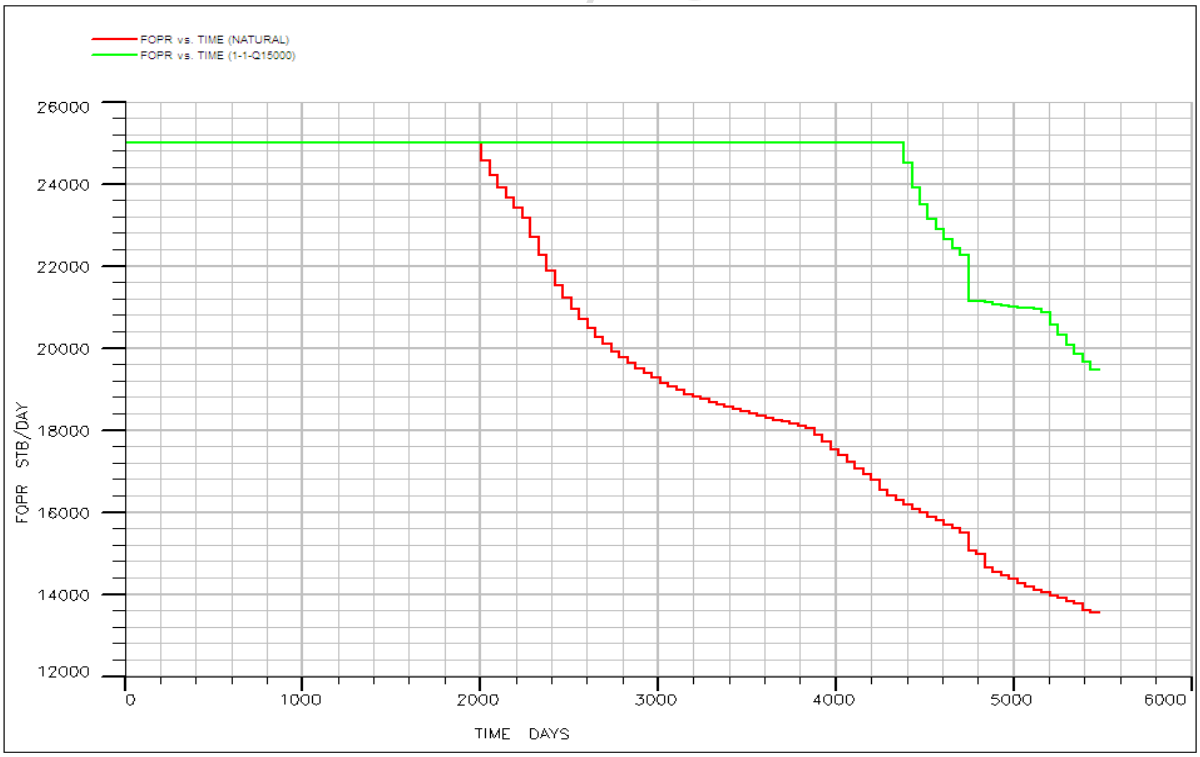
ل (۴) نمودار نتایج تولید نهایی نفت در سناریوهای لایه های مختلف با دبی تزریق ثابت

www.SID.ir

Archive of SID



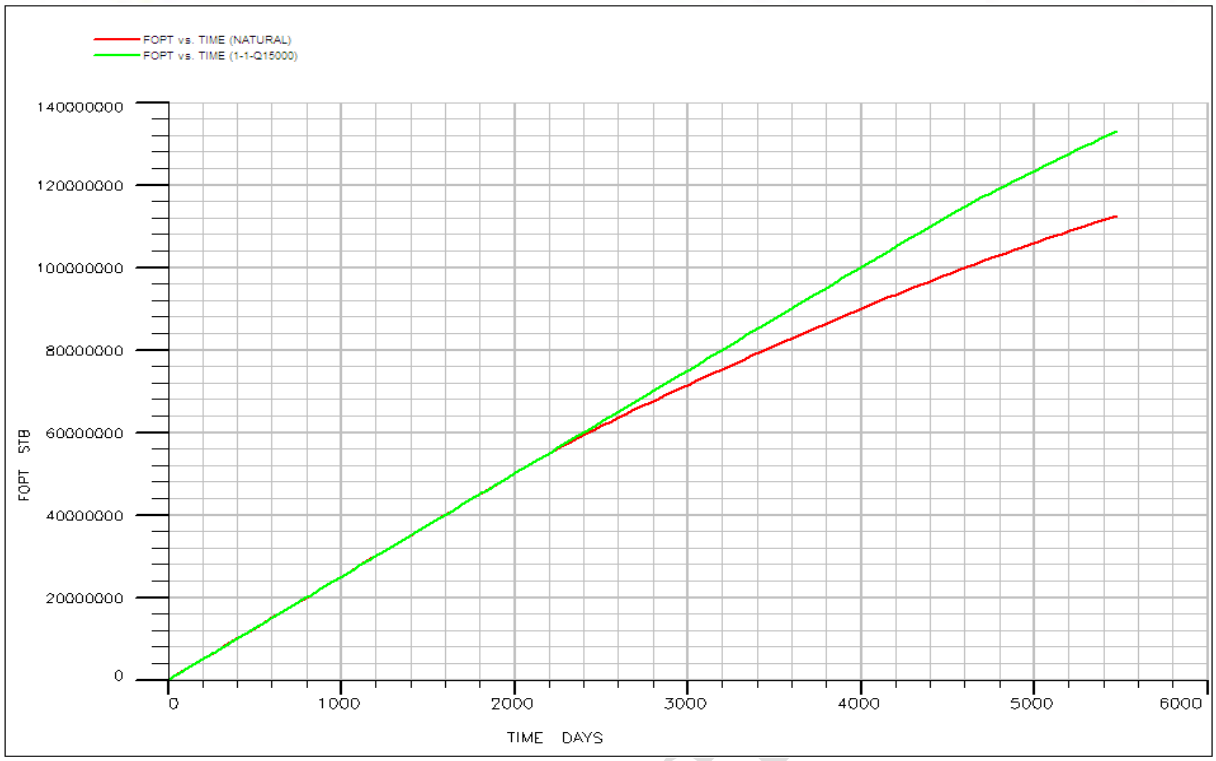
شکل (۵) نمودار نتایج تولید نهایی نفت در سناریوهای مختلف تزریق گاز امتزاجیبا حالت Nutural



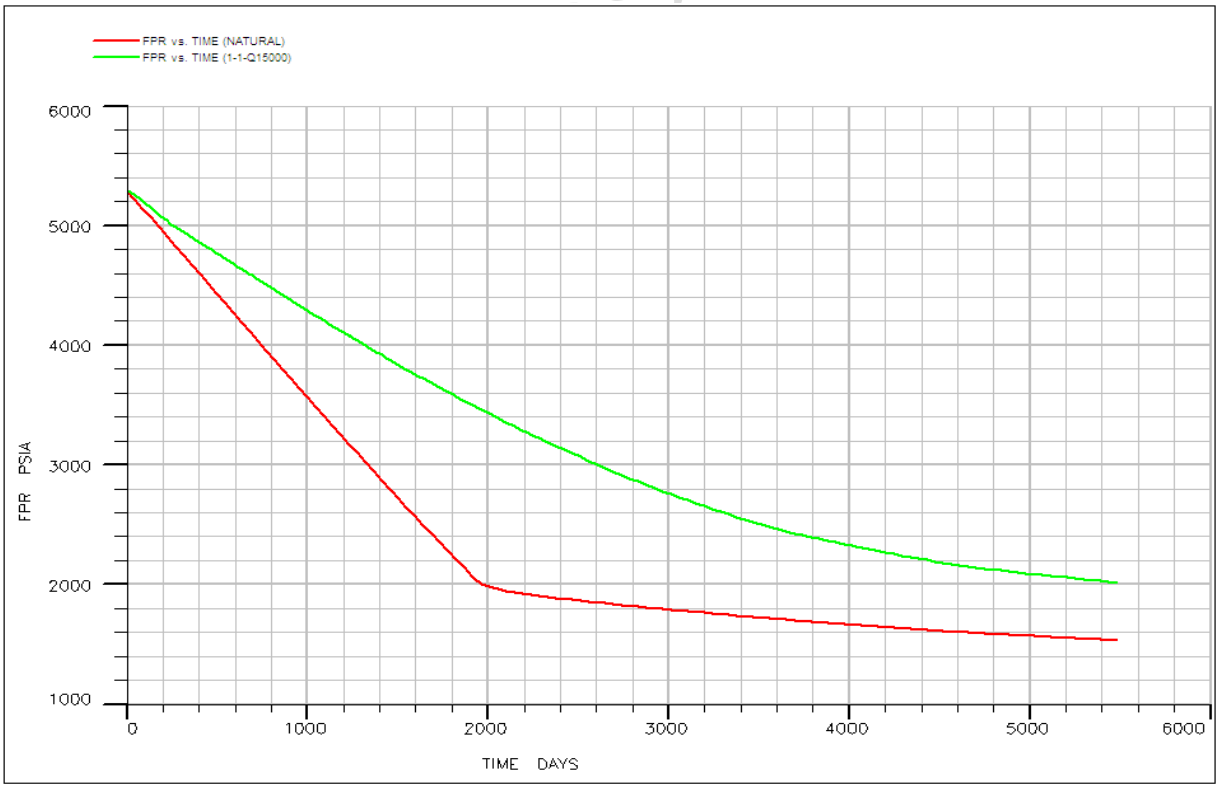
شکل(۶)مقایسه نمودار دبی تولید در سناریوی تخلیه طبیعی با بهترین دبی تزریقی

www.SID.ir

Archive of SID



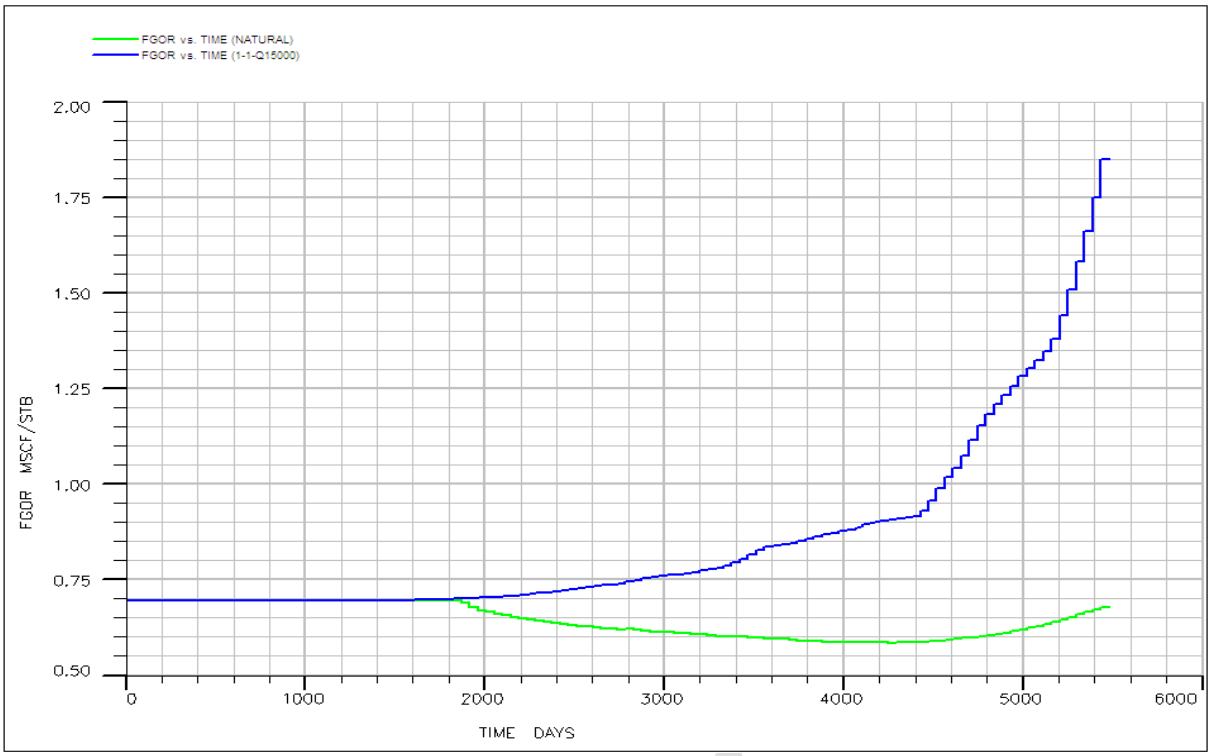
شکل(۷)مقایسه نمودار تولید نهایی در سناریوی تخلیه طبیعی با بهترین دبی تزریقی



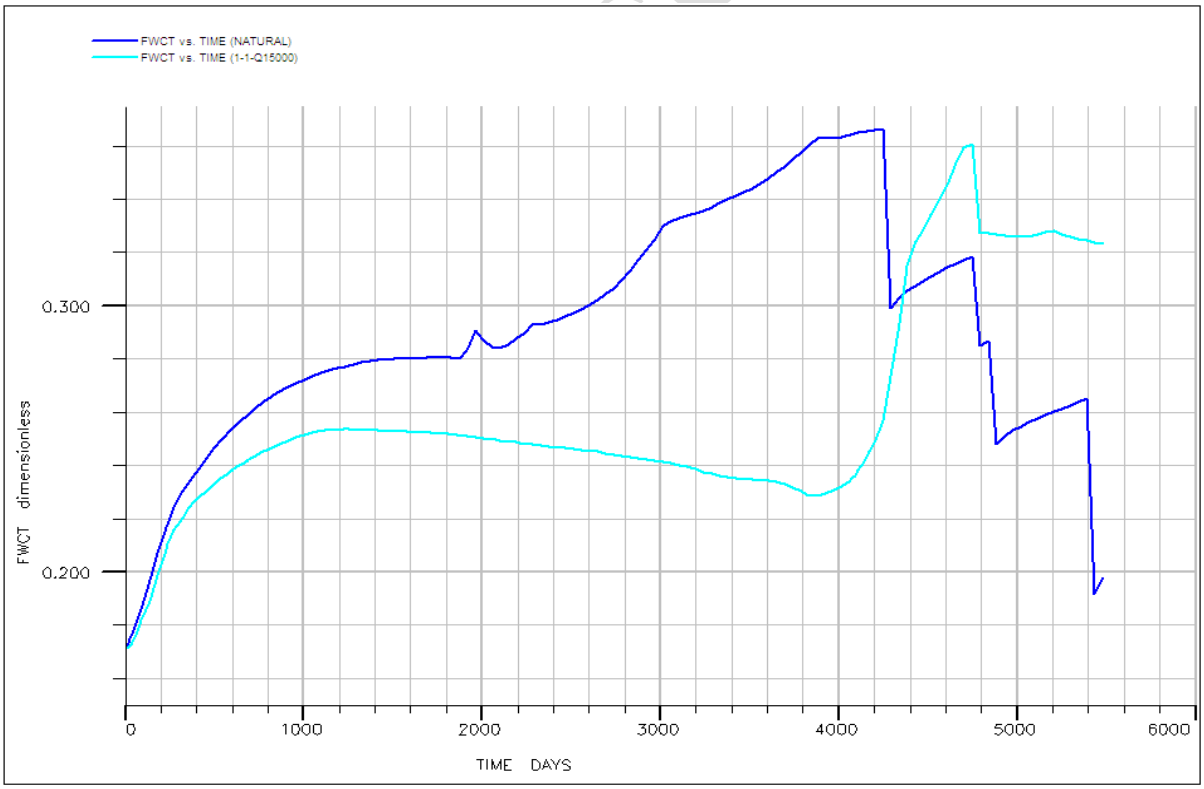
شکل(۸)مقایسه نمودار فشار مخزن در سناریوی تخلیه طبیعی با بهترین دبی تزریقی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۹)مقایسه نمودار نسبت گاز به نفت تولیدی در سناریوی تخلیه طبیعی با بهترین دبی تزریقی



شکل(۱۰)مقایسه نمودار برش آب در سناریوی تخلیه طبیعی با بهترین دبی تزریقی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۳) نتایج پیشبینی سناریوهای تزریق گاز امتزاجی در لایه های مختلف

FWCT (dimen sionless)	FPR (psi)	FGOR (Mscf/Stb)	FOPT (stb)	Injection On rate (MMscf)	Scenario Layer
0.29703304	1822.9974	2.0760436	1.291901E+8	۱۰	1
0.31336567	1780.4968	2.7668271	1.2687201E+8	10	2
0.29169047	1620.5367	2.4048078	1.1747662E+8	۱۰	3
0.19795884	1533.6278	0.67739856	1.1258681E+8	۱۰	4

جدول (۴) نتایج پیشبینی سناریوهای تزریق گاز امتزاجی در دبی های مختلف

FWCT (dimen sionless)	FPR (psi)	FGOR (Mscf/Stb)	FOPT (stb)	Injection On rate (MMscf)	Scenario
0.31202444	1686.5024	160947۰.۱	۸2224558E.1	5	1
0.29703394	1822.9974	0760436.2	۸291901E.1	10	2
0.32338402	2017.5463	8474666۱.	۸3310598E.1	15	3
0.32359791	2373.5171	171823.2	۸3252778E.1	20	4

جدول (۵) مقایسه نتایج در سناریوی تخلیه طبیعی با بهترین دبی تزریقی

FOPR (stb/day)	FWCT (dimensionless)	FPR (psi)	FGOR (Mscf/Stb)	FOPT (stb)	Injection On rate(MMscf)	Scenario
13552.415	0.19795884	1533.6278	0.67739856	1.1258681E8	۰	NATURAL
19460.1	0.32338402	2017.5463	1.8474666	1.3310598E8	15	INJECTION

www.SID.ir

Archive of SID

۷-نتیجه گیری:

در این پروژه در یک مخزن نفتی ایران ابتدا بعد از مدلسازی نمونه سیال مخزن توسط شبیه سازی آزمایش لوله قلمی کمترین فشار امتزاجی محاسبه گردید و سپس مدل سه بعدی مخزن مورد مطالعه ، ساخته شد و سناریوی تزریق امتزاجی گاز CO_2شبیه سازی شد و نتایج زیر حاصل شد :

با شبیه سازی لوله قلمی میزان MMP برابر با ۱۸۸۱٫۶ psi بدست آمده که تطابق خوبی با MMP بدست آمده توسط روشهای تحلیلی نشان میدهد .

طبق نتایج شبیه سازی تولید طبیعی مخزن ، میزان تولید انباشتی نفت در پایان دوره تولید ۱۵ ساله مخزن برابر ۱۱۲۵۸۶۸۱۰ بشکه ، نسبت گاز به نفت تولیدی تقریباً برابر با Mscf/STB ۰٫۶۷۷۳۹۸۵۶ میباشد .

طبق نتایج بدست آمده از شبیه سازی تزریق امتزاجی گاز تولید انباشتی نفت در پایان دوره ی تولید ۱۵ ساله ی مخزن برابر با ۱۳۳۱۰۵۹۸۰ بشکه میباشد که به میزان ۲۰۵۱۹۱۷۰ بشکه بیشتر از سناریوی تولید طبیعی است .

نتایج بدست آمده نشان میدهد که در تزریق گاز CO_2 در مخزن Missibility ایجاد شده است.

منابع :

۱. اطلاعاتتولیدیمخزن M

2. Ziabakhsh Ganji, Haghighi.M,:"Study and Modeling of Miscible and Immiscible Displacement in South Pars Oil Zone"niversity of Tehran, (2006) December.

3. Tanveer Rehman,"A Techno-Economical Evaluation Of Miscible Flooding" Dalhousie University, June (2006).

www.Reservoir.ir

www.SID.ir

Archive of SID

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

Simulation of CO_2 Miscible Gas Injection in one of Oil Reservoirs to determine Minimum Miscibility Pressure of gas injection

Hamed hasanzadeh kermani[*1] , Bijan honarvar[2]
[1] M.Sc in petroleum Engineering, Azad University, Fars Scince and Research branch,
Email: h2music2012@yahoo.com
[2]PHd in chemical Engineering, Email: honarvar2@gmail.com

abstract
Considering the type of Iran's reservoirs, miscible gas injection was evaluated in one oil reservoir. Improving the production efficiency for increasing the final recycling was the purpose of gas injection in this reservoir. First, the gas injection theories and empirical and numerical analysis methods have studied for obtaining minimum miscible pressure .Then, the reservoir fluid was modeled after analyzing the data consistency. Slim tube simulation was used to obtain the minimum miscible pressure and three-dimensional miscible gas injection model in one oil reservoir. Finally, the best injection pattern have selected based on maximum recycling factor by comparing all existing patterns , and different scenarios of miscible injection in different layers and flow rates have compared with natural discharge scenario.

Keywords: Simulations, miscible gas injection, minimum miscible pressure, Slim tube

www.Reservoir.ir

www.SID.ir