



## مطالعه‌ی فنی و اقتصادی اسید کاری ماتریسی چندمرحله‌ای؛ مطالعه‌ی موردی

خلیل تهبازی<sup>۱</sup>، دانشگاه صنعت نفت

محسن صفری بیدختی<sup>۲</sup>، محمد پروازدوانی<sup>۳</sup>، مجتبی کریمی<sup>۴</sup>، پژوهشگاه صنعت نفت

چکیده

انگیزش سازند به روش اسید کاری از راه‌های کاهش آسیب سنگ مخزن، افزایش ضریب بهره‌دهی<sup>۳</sup> چاه و افزایش تولید از مخازن نفت و گاز است. تجربه نشان داده با طراحی عملیات مناسب و بهینه‌سازی آن می‌توان بهبود چشمگیری در تولید سازند ایجاد کرد. در این مقاله ابتدا شبیه‌سازی عملیات اسید کاری ماتریسی چندمرحله‌ای در دو چاه یکی از مخازن نفتی جنوب ایران توسط نرم‌افزار STIMCADE انجام می‌شود. سپس آنالیز حساسیت و بهینه‌سازی متغیرهای عملیاتی حساس از جمله حجم اسید و تعداد مراحل اسید کاری جهت رسیدن به مقدار ضریب پوسته‌ی کمتر صورت می‌پذیرد. پس از آن جهت مقایسه‌ی سناریوهای متفاوت اثر ضریب پوسته‌ی کاهش یافته بر تولید چاه توسط نرم‌افزار PIPESIM بررسی شده و در نهایت نیز تحلیل اقتصادی این سناریوها انجام می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که انجام عملیات اسید کاری در هر دو چاه به روش معمول از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست و بنابراین بهینه‌ترین سناریوی تولید، کاهش عملیات دومرحله‌ای به تک‌مرحله‌ای و همچنین کاهش حجم اسید HCL ۲۸ درصد و افزایش حجم اسید کند کار امولسیون خواهد بود.

واژگان کلیدی اسید کاری، بهینه‌سازی تولید، نرم‌افزار StimCADE، نرم‌افزار PIPESIM

مقدمه

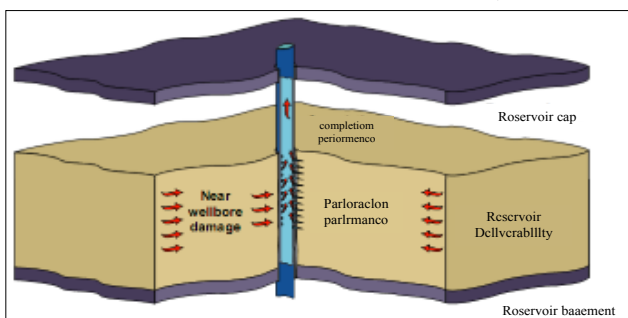
اسیدی<sup>۷</sup>، اسید کاری ماتریسی<sup>۸</sup>، شکاف دهی اسیدی<sup>۹</sup> تقسیم می‌شوند. اسید کاری ماتریسی به‌عنوان یکی از روش‌های انگیزش چاه، تزریق سیال (اسید یا ماده‌ی شیمیایی) برای حل کردن<sup>۱۰</sup> کانی‌های ماتریس سنگ، پراکنده کردن<sup>۱۱</sup> یا میان‌بر کردن آسیب اطراف چاه جهت افزایش ارتباط فیزیکی بین چاه و مخزن در ناحیه‌ی اطراف مخازن استفاده می‌شود که در نهایت سبب افزایش تزریق پذیری و شاخص‌ی تولید خواهد شد (شکل-۱). مهم‌ترین شاخصه‌ی اسید کاری ماتریسی، تزریق اسید با فشار کمتر از فشار شکست سازند است.

یکی از مهم‌ترین بخش‌های فرآیند اسید کاری (به‌ویژه اسید کاری

وجود منابع عظیم نفت و گاز در کشور و نیاز به برداشت هر چه بیشتر مواد هیدروکربنی از این منابع بدون وارد شدن آسیب جدی به سازند و نیز کمک به کاهش و بهینه‌سازی هزینه‌های تولید، عواملی هستند که سبب توجه بیشتر به انگیزش چاه‌ها و بهره‌وری بهینه از آنها شده‌اند. آسیب سازند<sup>۴</sup> در تولید از مخازن هیدروکربنی پدیده‌ای نامطلوب به حساب می‌آید که منجر به کاهش بهره‌وری چاه تولیدی می‌شود. به‌عبارت دیگر آسیب سازند به هر فرآیندی گفته می‌شود که سبب کاهش توان تولید نفت و گاز یا تولید آب از سازند یا کاهش توان تزریق آب و گاز یا چاه بازیافتی<sup>۵</sup> شود. به ناحیه‌ای از دهانه‌ی چاه که تراوایی آن کاهش یافته، ضریب پوسته<sup>۶</sup> اطلاق می‌شود.

این کاهش تراوایی می‌تواند در اندازه‌ها و انواع مختلف رخ دهد. روش‌های تحریکی از قبیل انگیزش چاه جهت کاهش ضریب پوسته و افزایش نرخ تولید چاه و همچنین به‌تعمیق انداختن استفاده از روش‌های فزآوری مصنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این روش‌ها به‌طور کلی به سه دسته اصلی اسید کاری، شکاف دهی هیدرولیکی و درمان شیمیایی تقسیم می‌شوند.

فرآیند و عملیات اسید کاری به سه دسته‌ی شستشو/غوطه‌وری



۱ | شمتابیک عملکرد فرآیند اسید کاری ماتریسی جهت افزایش ارتباط فیزیکی بین چاه و مخزن

\*نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (safarim2@ripi.ir)

■ با در نظر گرفتن ضریب پوسته‌ی کمتر (مطالعه‌ی فنی) گزینه‌ی بهتر انتخاب شد.  
 ■ بررسی اثر مقدار ضریب پوسته‌ی کاهش یافته بر تولید چاه توسط نرم‌افزار PIPESIM انجام گردید.  
 ■ بر اساس هزینه‌ی عملیات اسیدکاری و سود ناشی از تولید نفت بیشتر، مطالعه‌ی اقتصادی انجام شد.  
 قبل از انجام مراحل بالا لازم است توضیحات خلاصه‌ای در خصوص میدان مورد مطالعه ارائه گردد:

### ۲- میدان مورد مطالعه

این میدان در منطقه‌ی خشکی و در شمال خلیج فارس واقع شده و شامل دو سازند تولیدی است. نخستین چاه این میدان در ۱۹۶۸ حفر گردید و تولید آن در ۱۹۹۱ آغاز شد. میدان مورد اشاره تاکنون با ۴۸ چاه تولیدی توسعه یافته است. اطلاعات نمونه‌ی نفت تولیدی مربوط به هر دو لایه‌ی میدان در جدول ۱- ارائه شده است.  
 علاوه بر این، تبیین اثر اسیدکاری بر شاخص بهره‌دهی چاه در چاه‌های تولیدی برای دو سازند در زمان‌های مختلف تولید در شکل ۲- ارائه شده است.

### ۳- ساخت مدل پیشنهادی بر اساس داده‌های میدانی

هدف اصلی از مدل پایه‌ی اسیدکاری، مشاهده و ارزیابی میزان انطباق نتایج عملیات اسیدکاری در پیش‌بینی دقیق عملیات‌های آینده است. در همین راستا سعی شده متغیرهای حساس مدل تعیین و مقدار بهینه‌ی فنی و اقتصادی آن‌ها محاسبه گردد.  
 سیالات اصلی عبارتند از پیش تزریق، پس تزریق و جابه‌جاکننده که در ادامه بیان شده‌اند:

- ۸۰۰۰ گالن اسید ۲۸ درصد به‌عنوان تزریق‌کننده اصلی<sup>۱۲</sup>
- ۲۰۰۰۰ گالن اسید کند کار امولسیون به‌عنوان تزریق‌کننده اصلی
- ۲۲۸۰۰ گالن گازوئیل به‌عنوان پیش تزریق<sup>۱۳</sup>، پس تزریق<sup>۱۴</sup> و سیال جابه‌جاکننده<sup>۱۵</sup>

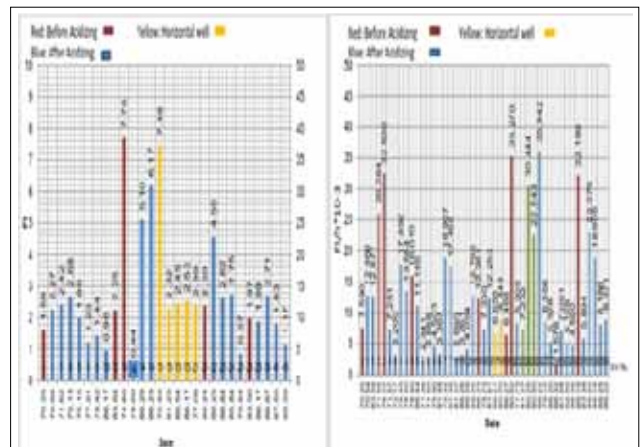
علاوه بر این افزایش‌های<sup>۱۶</sup> استفاده شده در عملیات اسیدکاری برای هر دو مورد ۱- و ۲- اسیدکاری شامل افزایش ضد خوردگی، افزایش

ماتریسی)، طراحی بهینه و اقتصادی آن است. برای طراحی صحیح نیاز به ساخت مدلی سازگار با نتایج میدانی است تا بتوان بر اساس آن عملکرد اسیدکاری را بررسی و بهینه کرد. متأسفانه به دلیل عدم بررسی و مدل‌سازی دقیق فرآیند اسیدکاری ماتریسی، بسیاری از عملیات‌های اسیدکاری از قبیل اسیدکاری چندمرحله‌ای، غیراقتصادی بوده و در بعضی شرایط به دلیل انتخاب ناصحیح نوع اسید موجب مسدود شدن سازند و در نتیجه افزایش ضریب پوسته می‌شود.

بنابراین در مقاله حاضر با مطالعه‌ی فنی و اقتصادی عملیات اسیدکاری ماتریسی چندمرحله‌ای در یکی از میدانی نفتی جنوب غربی کشور، متغیرهای عملیاتی مؤثر فنی و اقتصادی بهینه می‌شود تا در نهایت با هزینه‌ی کمتر به ضریب پوسته‌ی کمتر سازند دست یابیم.

### ۱- روش کار

برای شبیه‌سازی اسیدکاری ماتریسی توسط نرم‌افزار StimCADE مراحل زیر انجام شده است:  
 ■ بر اساس داده‌های میدانی حاصل از دو چاه در دو سازند مختلف، مدلی پیشنهادی ساخته شد.  
 ■ آنالیز حساسیت و بهینه‌سازی متغیرهای عملیاتی حساس از جمله حجم اسید و تعداد مراحل اسیدکاری انجام گردید.



شکل ۱ | ۲ | تأثیر اسیدکاری بر میزان شاخص بهره‌دهی چاه در سازندهای ۱ و ۲

شماره‌ی سازند	گرانروی (cp)	تراکم‌پذیری (psi <sup>-1</sup> )	فشار حباب (psi)	ضریب حجمی سازند (bbl/stb)	چگالی (g/cc)	دمای مخزن (°F)	GOR (Scf/bbl)
۱	۴/۳۶	۹/۰۸ E-۶	۱۷۱۹	۱/۳۳	۰/۹۲	۲۲۰	۴۲۰
۲	۳/۹۱	۹/۱۰ E-۶	۱۶۷۰	۱/۳۲	۰/۹۱	۲۳۶	۳۸۸



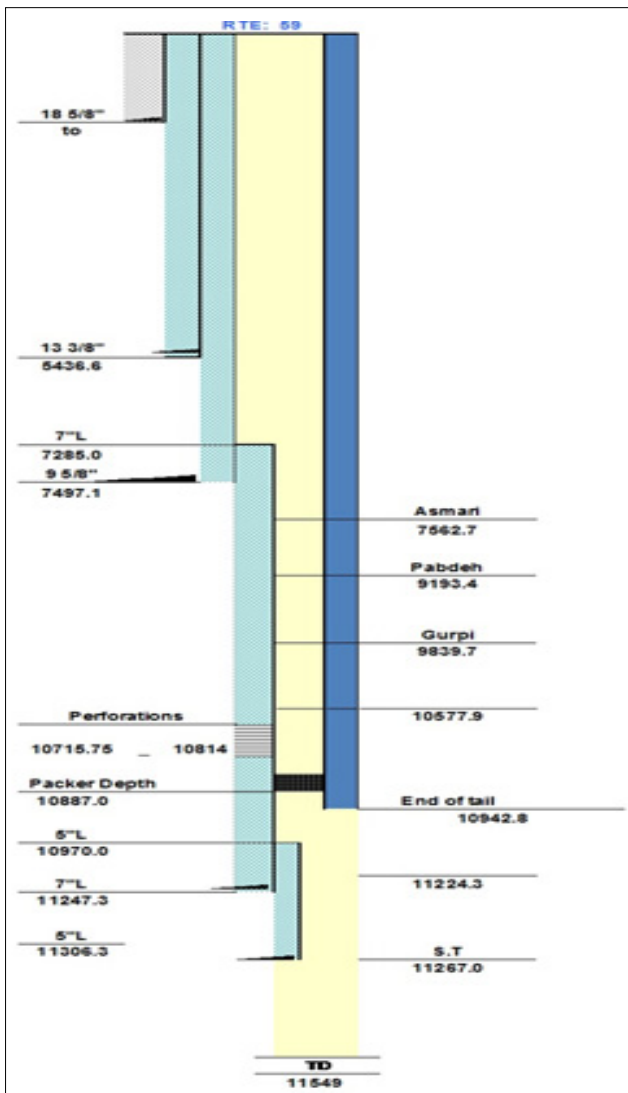
به طوری که فشار سرچاهی از فشار عملیاتی مجاز (۳۰۰۰ psi) بیشتر نشود. علاوه بر این به دلیل عدم وجود داده‌های کافی، فرضیاتی برای شبیه‌سازی به کار گرفته شده که بر اساس فهم مهندسی و تجربه بوده است (جدول-۴).

علاوه بر موارد ذکر شده مقدار آسیب سازند صفر در نظر گرفته شده که در مخازن بنگستانی به دلیل وجود شکاف‌های القایی<sup>۱۷</sup> سازند معمول است. بنابراین مقدار آسیب<sup>۱۸</sup> کلی حدود ۰/۸ در نظر گرفته شده که ناشی از آسیب مشبک کاری<sup>۱۹</sup> می‌باشد.

#### ۴- بحث‌ها و نتایج

##### ۴-۱- نتایج مدل پایه

شکل ۴- نشان‌دهنده‌ی نتایج حاصل پس از ساخت مدل پایه است.



شکل ۳ | شماتیک چاه مدل شده

ضد امولسیون، افزایش کاهنده‌ی کشش سطحی، افزایشی معلق نگهدارنده‌ی ذرات و افزایشی ضد لخته به نسبت یک درصد حجمی بوده است. جدول ۲- ترتیب عملیات و تعداد مراحل اسیدکاری را نشان می‌دهد.

در این مقاله محاسبات روش کار و ارائه‌ی نتایج برای یکی از چاه‌ها (از ۲ چاه مدل شده) ارائه گردیده و در انتها نتایج مقایسه‌ای چاه دیگر نیز جهت تعمیم‌پذیری نتایج بیان شده است. شماتیک چاه در شکل ۳- و اطلاعات ورودی به نرم‌افزار برای شبیه‌سازی اسیدکاری چاه در جدول ۳- ارائه شده‌اند.

ساخت مدل پیشنهادی بر اساس نتایج میدانی عملیات اسیدکاری انجام شده است. به عبارت دیگر سعی شده مقادیر فشار سرچاهی حاصل از شبیه‌سازی انطباق خوبی با نتایج میدانی داشته باشد؛

جدول ۲ | ترتیب عملیات و تعداد مراحل اسیدکاری

مرحله ۲- (گالن)	مرحله ۱- (گالن)	ترتیب عملیات
۴۰۰۰	۴۰۰۰	اسید ۲۸ درصد
۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	اسید کندکار امولسیونی

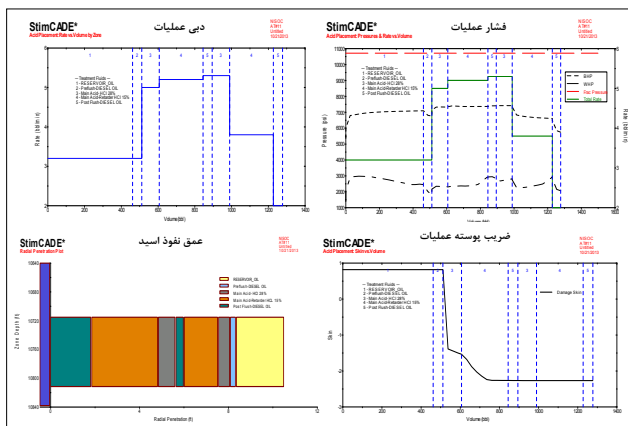
جدول ۳ | اطلاعات ورودی شبیه‌ساز

عمودی، توسعه ای	نوع چاه
تولیدی نفت	شرایط کنونی چاه
۱	سازند تولید/تزریقی
آهکی	جنس سنگ سازند
۱۹/۱ M	تراز میز چرخش (Rotary Table)
۶/۴۷ mD	تراوایی سازند
۱۶/۵ درصد	تخلخل سازند
۴۴۰۰ psia	فشار سازند (ته‌چاهی)
۴" Tubing, Annular Flow	نوع تکمیل
۳۲۶۵-۳۲۹۶ mss	بازه‌ی تولیدی

جدول ۴ | فرضیات شبیه‌سازی

توضیحات	مقدار فرض شده	فرضیات
به‌عنوان مقدار معمول در سازندها	۱۰	نسبت تراوایی افقی/عمودی
به‌عنوان مقدار معمول در سازند بنگستان	۱ psi/ft	گردابان فشار برای ایجاد شکاف
به دلیل عملیات تعمیر	۸ in	عمق نفوذ آسیب سازندی

■ با افزایش حجم اسید ۲۸ درصد، اگرچه در مرحله‌ی نخست (تزریق اسید ۲۸ درصد)، ضریب پوسته به‌طور تدریجی کاهش می‌یابد اما در مرحله‌ی نهایی ضریب پوسته از ۲/۲۷- (مدل پایه) به ۲/۰۲- تغییر می‌کند که مطلوب نیست. این پدیده به‌دلیل سینتیک زیاد واکنش اسید با سنگ کربناته است که سبب کنده‌شدن ذرات و ایجاد پلاگ در مسیر جریان می‌شود. همچنین به‌علت زیاد بودن غلظت اسید، واکنش آن با نفت سازند سبب تشکیل لجن<sup>۲۰</sup> و به‌وجود آمدن آسیب سازندی می‌شود. نتایج آزمایشگاهی نیز مؤید



شکل ۴ | نتایج شبیه‌سازی مدل پایه

همان‌گونه که در این شکل (فشار عملیات) مشاهده می‌شود تزریق سیال به سازند در طول عملیات، سبب شکاف در مخزن نمی‌شود که این شاخصه‌ی اصلی اسیدکاری ماتریسی است. همچنین نرخ تزریق پمپ (بشکه در دقیقه) با شرایطی سازگار است که در آن فشار سرچاهی بیشتر از ۳۰۰ psia نیست. علاوه بر این میانگین نرخ تزریق ۵/۲ بشکه در دقیقه است که این مقدار با مقدار میدانی آن (۶ تا ۸ بشکه در دقیقه) تطابق نسبتاً خوبی دارد.

بر اساس شکل ۴- (ضریب پوسته‌ی عملیات)، تزریق سیال درون چاه (نفت مخزن) و همچنین پیش‌تزریق (نفت دیزل) به مخزن هیچ تأثیری بر مقدار ضریب پوسته ندارد. اگرچه با تزریق اسید ۲۸ درصد به سازند، در منطقه‌ی تحت نفوذ افت شدید ضریب پوسته مشاهده می‌شود. علاوه بر این تزریق اسید کند کار امولسیون‌ی به مخزن تأثیری تدریجی بر میزان آسیب سازند دارد. در مرحله‌ی دوم تغییر چندانی در مقدار آسیب دیده نمی‌شود. به‌عبارت دیگر مرحله‌ی دوم از نظر عملیاتی و فنی غیر ضروری است.

همچنین با توجه به عمق نفوذ در شکل ۴-، عملیات اسیدکاری ماتریسی موجب توزیع قابل‌قبولی از سیالات در سازند می‌شود که این به دو دلیل است؛ یکی تراوایی یکسان لایه و دیگری استفاده از اسید تأخیری به‌عنوان سیال تزریقی دوم.

#### ۴-۲- آنالیز حساسیت مدل پایه و بهینه‌سازی

هدف اصلی بهینه‌سازی فرآیند اسیدکاری ماتریسی، کمینه‌کردن ضریب پوسته در هر مرحله از تزریق سیال و در نهایت رسیدن به مقدار ضریب پوسته‌ی کمتری است. برای بهینه‌سازی عملیات، آنالیز حساسیت برای سه مورد اجرایی، انجام شده است (جدول ۵-). حجم هر دو اسید ۲۸ درصد است و اسید کند کار امولسیون‌ی و تعداد مراحل تزریق در طول فرآیند، متغیرهای کنترلی هستند. محدودیت‌های عملیاتی که برای شبیه‌سازی مدل‌ها در نظر گرفته شده به شرح زیر است:

■ فشار سرچاهی نباید بیش از فشار عملیاتی قابل تحمل توسط X-mass tree (به میزان ۳۰۰ psia) باشد.

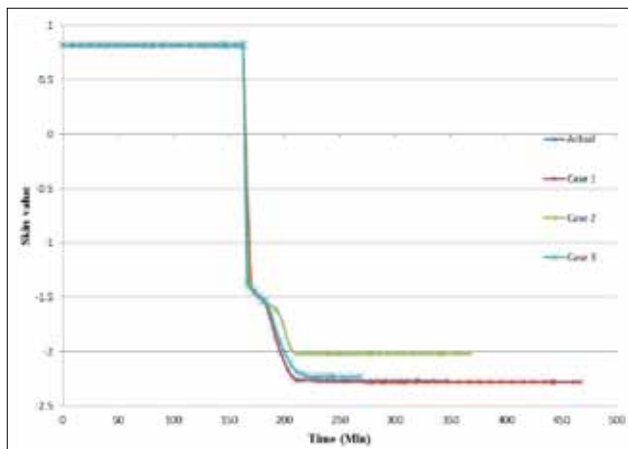
■ مدت زمان اسیدکاری نباید بیش از ۵۰ دقیقه (حدود ۸ ساعت) باشد.

بنابراین بهترین سناریوی تزریق، سناریویی است که با وجود دو شرط بالا، ضریب پوسته‌ی کمتری نیز داشته باشد.

در شکل ۵- نتیجه‌ی شبیه‌سازی مقدار ضریب پوسته برای موارد بیان‌شده در جدول ۵- نشان داده است.

همان‌گونه که در شکل ۵- مشاهده می‌شود نتایج زیر به‌دست آمده است:

مورد	متغیرهای حساس	مقدار (گالن)
۱	اسید کند کار امولسیون‌ی	۲۱۰۰
۲	HCl ۲۸ درصد	۶۳۰۰
۳	یک مرحله‌ای	---



شکل ۵ | مقدار ضریب پوسته کلی مخزن در طول عملیات در موارد مختلف



همین مطلب است.

■ افزایش حجم اسید کند کار امولسیون، کاهش زیادی در ضریب پوسته ایجاد نمی کند که این امر از منظر آنالیز سود و زیان مطلوب نیست.

■ اگرچه ضریب پوسته در عملیات تک مرحله ای از مقدار واقعی (دومرحله ای) بیشتر است اما این تفاوت اهمیتی ندارد (از ۲/۱۹- تا ۲/۲۷-). بنابراین عملیات اسید کاری تک مرحله ای اقتصادی تر

به نظر می آید.

بنابر نتایج نشان داده شده در شکل ۵- سناریوی بهینه در چاه مدل شده، سناریوی است که شرایط زیر را داشته باشد:

■ حجم اسید HCl ۲۸ درصد کاهش یابد.

■ حجم اسید کند کار امولسینی افزایش یابد.

■ عملیات دومرحله ای به تک مرحله ای کاهش یابد.

بنابر شرایط استفاده شده در سناریوی بهینه، مقادیر موجود در جدول ۶- به عنوان مقادیر متغیرهای عملیاتی استفاده می شود.

بر اساس مقادیر متغیرهای عملیاتی و شرایط سناریوی بهینه، نتایج حاصل از شبیه سازی در شکل ۶- ارائه شده است.

از نتایج خروجی مدل شبیه ساز نرم افزار StimCADE، برای ورودی نرم افزار PIPESIM استفاده شده است. شکل ۷- خروجی نرم افزار PIPESIM را نشان می دهد.

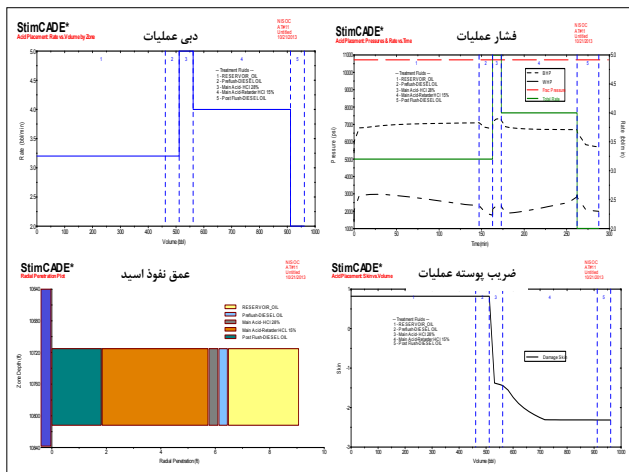
همان طور که مشاهده می شود تولید چاه مدل شده در اثر اسید کاری با شرایط مدل پایه (ضریب پوسته ۲/۲۷-) برابر با ۷۰۶ بشکه در روز است که این عدد در شرایط بهینه (ضریب پوسته ۲/۳۱-) برابر با

جدول ۶ | مقادیر توصیه شده برای متغیرهای عملیاتی در هر مرحله

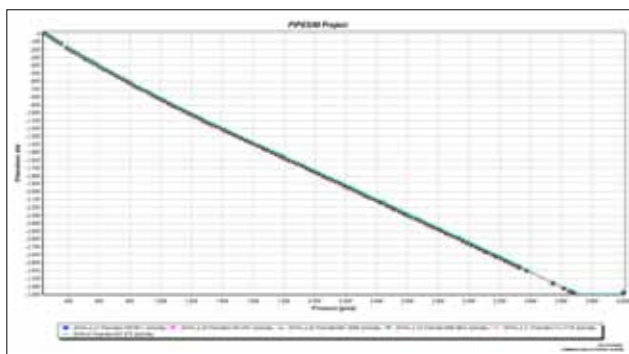
ترتیب	سیال	نرخ (بشکه در دقیقه)	حجم (بشکه)
۱	دیزل-پیش تزریق	۳/۲	۵۰
۲	اسید اصلی- اسید ۲۸ درصد	۵	۵۰
۳	اسید اصلی- اسید کند کار امولسینی	۴	۳۵۰
۴	دیزل-پس تزریق	۲	۵۰

جدول ۷ | متغیرهای اقتصادی مورد نیاز

مقدار	متغیر
۴ ماه	n
۰/۱۲	i
۱/۵ تا ۳ یورو در هر گالن	Raw Hydrochloric Acid (HCL)
۶۰ تا ۸۰ یورو در هر گالن	Corrosion Inhibitor
۴۵ تا ۵۲ یورو در هر گالن	Surfactant
۴۰ تا ۴۵ یورو در هر گالن	Anti-Sludge
۳۸ تا ۴۲ یورو در هر گالن	De-Emulsifier
۳۰ تا ۴۵ یورو در هر گالن	Retarding Agent
۳۸/۲۳ یورو در هر گالن	Iron Control Agent
۳۶/۹۲ یورو در هر گالن	Multi-Function Agent
۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ یورو در روز	Acid Stimulation Equipment
۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ یورو در روز	Acid Stimulation Crew



شکل ۶ | نتایج شبیه سازی مدل بهینه



شکل ۷ | نتایج تولیدی نرم افزار PIPESIM

جدول ۸ | نتیجه تحلیل اقتصادی چاه های ۱ و ۲

شماره ی چاه	خالص ارزش فعلی (NPV)
۱	-۵۹/۸۹۹
۲	-۱۸۳/۸۳۴

به بیان دیگر انجام اسید کاری دو مرحله‌ای و حذف نکردن مرحله دوم توجیه فنی و اقتصادی ندارد.

#### نتیجه‌گیری

از نظر اقتصادی انجام عملیات اسید کاری در هر دو چاه به روش معمول مقرون به صرفه نیست و بنابراین بهینه‌ترین سناریوی تولید، کاهش عملیات دو مرحله‌ای به تک مرحله‌ای، کاهش حجم اسید HCl ۲۸ درصد و افزایش حجم اسید کند کار امولسیون‌ی خواهد بود. سیستم‌های اسید تأخیری می‌توانند با آهسته کردن واکنش اسید عمق نفوذ اسید آن افزایش دهند.

افزایش غلظت اسید احتمال ایجاد امولسیون، لجن و حتی تولید مواد غیرقابل حل را افزایش می‌دهد. بنابراین به جز در مواردی که مطلقاً نیاز به اسیدهای قوی باشد نباید از این گونه اسیدها استفاده کرد. همچنین سیستم‌های مذکور می‌توانند نرخ هرزروی اسید را به درون ماتریکس یا محیط اطراف کانال‌های worm hole کاهش دهند و به همین دلیل می‌توانند سبب نفوذ بیشتر شده و کانال‌های جریان را توسعه دهند. ■

۷۱۳ است. در بخش بعد این افزایش تولید از شرایط پایه به شرایط بهینه نسبت به هزینه‌ی آن از لحاظ اقتصادی تحلیل شده است.

#### ۳-۴- تحلیل اقتصادی

پس از بررسی فنی اسید کاری چند مرحله‌ای و عدم نیاز به استفاده از مرحله‌ی دوم اسید کاری، برای بررسی و تحلیل اقتصادی آن باید با استفاده از رابطه‌ی ۱- خالص ارزش فعلی<sup>۲۱</sup> آن را محاسبه کرد.

$$NPV = \frac{\text{درآمد}}{(1+i)^n} - \text{هزینه} \quad (1)$$

برای تعیین میزان درآمد از نتایج خروجی نرم افزار PIPESIM استفاده شده است. متغیرهای اقتصادی لازم در تعیین خالص ارزش فعلی (رابطه‌ی ۱) و نیز متغیرهای هزینه در جدول ۷ آورده شده‌اند. در جدول ۸ نتایج آنالیز اقتصادی برای چاه‌های مدل شده‌ی میدان که بر اساس رابطه‌ی ۱- تعیین گردیده ارائه شده است. همان‌طور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود خالص ارزش فعلی برای هر دو چاه منفی به دست آمده است.

#### پانویس‌ها

- |                            |                     |                             |
|----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 1. parvazdavanim@ripi.ir   | 8. matrix acidizing | 15. displacement fluid      |
| 2. karimimoj@ripi.ir       | 9. acid fracturing  | 16. additives               |
| 3. Productivity Index (PI) | 10. dissolve        | 17. induced fracture        |
| 4. formation damage        | 11. disperse        | 18. damage                  |
| 5. disposal                | 12. main flush      | 19. perforation damage      |
| 6. skin factor             | 13. pre flush       | 20. sludge                  |
| 7. acid wash               | 14. post flush      | 21. NPV (Net Present Value) |

#### منابع

- [1] Krueger, R.F.: "An Overview Of Formation Damage And Well Productivity In Oil Field Operations", JPT, Feb. 1986
- [2] Hill A.D. And Schechter, R.S. 2000. Fundamentals Of Acid Stimulation. In Reservoir Stimulation, Ed. M. J. Economides And K. G. Nolte, Chap. 16. New York City, New York: John Wiley & Sons.
- [3] Stimcade Software, Dowell Division Of Schlumberger Technology Corporation
- [4] D.R. Behenna. Acidizing And Other Matrix Treatments, Department Of Petroleum Engineering, Heriot – Watt University, 1999.
- [5] Economies M.J. & Nolte K.G., Reservoir Stimulation, 2nd Edition, Prentice Hall, Eaglewood Cliffs, NJ, 1988.
- [6] Fredd, C.N. And Fogler, H.S. : " Alternative Stimulation Fluids And Their Impact On Carbonate Acidizing , " SPE Journal ( March 4998 ) 13, No.1,34.
- [7] Kalfayan , L., " Production Enhancement With Acid Stimulation , " First Edition , Penn Well Corporation , Tulsa , Oklahoma, ( 2001 )
- [8] Mcleod, Harry O., "Significant Factors For Successful Matrix
- [9] Tavassoli M., Ranjbar M. & Movaheddinian A., "Investigation Of The Reasons Of Acidizing Failure In Carbonate Formation Of Ahwaz Field", 3rd Mining Engineering Conference, Kerman, Pp. 4012003, 409-.
- [10] Xiong H. & Holditch S. "A Comprehensive Approach Of Formation Damage Diagnosis And Corresponding Stimulation Type And Fluid Selection", Paper SPE 29531, 1995.