



فشار، حجم، دما و رفتار فازی سیالات مخازن

PVT مخازن هیدروکربوری

ویرایش جدید

By: Ali Hanesi

مترجمان:
بابک مرادی
ایمان جعفری



مؤسسه انتشارات سناپرس

سخن ناشر

ستایش خداوند جان و جهان که بخشید لطف و کرم بی کران

به خداوند قوی الهی مؤسسه‌ی انتشارات ستایش با اهداف علمی- فرهنگی و
انتخاب ارائه خدمات، جهت ارتقاء آگاهی، سطح معلومات، دانش عموم، به‌ویژه
ترویج کتاب‌های علمی اقدام به چاپ و انتشار کتاب‌های گوناگون نموده؛ امید است
بتوانیم رابطی بین پدیدآورندگان و مخاطبان باشیم... انشاءالله.

لذا از خوانندگان محققان، اندیشمندان و صاحب‌نظران در زمینه‌های گوناگون علمی،
کامپیوتری، فنی و مهندسی بهره‌مند می‌شویم. صنایع نفت دعوت می‌نماییم تا ما را در
ارائه و گسترش اهداف موردنظر یاری نمایند.

شایان ذکر است جهت آگاهی و خیرات آثار این انتشارات می‌توانید به سایت
www.setayeshpress.com مراجعه نموده و در صورت تمایل به همکاری یا هر نوع
انتقاد و پیشنهادی به نشانی پست‌الکترونیک setayeshpress@yahoo.com یا
تهران صندوق پستی ۱۶۱۸-۱۳۴۴۵ مکاتبه نمایید. ان شاء الله ما بهی افتخار ماست.

فهرست مطالب

۱۰	مقدمه
۱۱	مقدمه
۱۵	فصل اول: اصول و مبانی
۱۵	۱-۱ ترکیب سیال مخزن
۱۸	۲-۱ رفتار فازی
۲۰	ترکیب خالص
۲۶	حالت‌های متناظر
۳۲	مخلوط چندجزئی
۳۹	۳-۱ طبقه‌بندی سیالات مخزن
۴۲	۱-۳-۱ گاز خشک
۴۳	۲-۳-۱ گاز تر
۴۳	۳-۳-۱ گاز میعانی
۴۶	۴-۳-۱ نفت فرار
۴۷	۵-۳-۱ نفت سیاه
۴۹	تمرین‌های فصل اول
۵۰	مراجع
۵۱	فصل دوم: رابطه‌ها و آزمایش‌های فشار، حجم، دما
۵۲	۱-۲ نمونه‌گیری از سیال
۵۵	آماده‌سازی چاه
۵۷	جمع‌آوری نمونه
۶۰	۲-۲ آزمایش‌های PVT
۶۳	۱-۲-۲ گاز خشک
۶۵	۲-۲-۲ گاز تر
۶۶	۳-۲-۲ نفت سیاه
۷۹	۴-۲-۲ گاز میعانی

۹۶	۵-۲-۲ نفت فرار
۹۸	۳-۲ رابطه‌های تجربی
۹۹	۱-۳-۲ نفت سیاه
۱۰۶	چگالی نفت
۱۱۳	۲-۳-۲ گاز طبیعی
۱۱۵	داده‌های حجمی
۱۱۸	گرانروی گاز
۱۲۱	۳-۳-۲ آب سازند
۱۲۳	محلول آب فاز هیدروکربنی
۱۲۸	بیب حجمی سازند آب
۱۲۹	تراکم‌پذیری آب
۱۳۳	تمرین ای
۱۳۸	مراجع
۱۴۳	کف فصل سوم: تعادل
۱۴۳	۱-۳ مشخصه‌های لازم برای تعادل
۱۴۵	پتانسیل شیمیایی
۱۴۶	فוגاسیته
۱۵۰	فعالیت
۱۵۰	۲-۳ نسبت تعادل
۱۵۲	قانون راول
۱۵۳	قانون هنری
۱۵۶	روابط تجربی
۱۶۲	مقادیر K در فشارهای متوسط
۱۶۵	رابطه‌ی استندینگ
۱۶۶	معادله‌ی ویلسون
۱۶۹	تمرین‌های فصل سوم
	مراجع
۱۷۲	کف فصل چهارم: معادلات حالت
۱۷۲	۱-۴ معادله‌ی حالت ویریال و اصلاحات آن
۱۷۵	اصلاحات استارلینگ در مورد معادله‌ی حالت بندیکت - وب - رابین (BWRS)
۱۷۶	۲-۴ معادله‌ی حالت مکعبی
۱۸۲	۱-۲-۴ معادله‌ی حالت دو پارامتری
۱۸۵	معادله‌ی حالت سوآو - ردلیج - کووانگ (SRK)
۱۸۶	معادله‌ی حالت پنگ - رابینسون (PR)
۱۸۷	انتقال حجم

۱۹۲	۲-۲-۴ معادلات حالت سه پارامتری
۱۹۲	معادله‌ی حالت اشمیت - ونزل (SW)
۱۹۴	معادله‌ی حالت بتل - تجا (PT)
۱۹۷	۳-۲-۴ عبارت جاذبه‌ای وابسته به دما
۲۰۲	۳-۴ قوانین اختلاط
۲۰۲	۳-۴-۱ قوانین اختلاط تصادفی
۲۰۷	۳-۴-۲ قوانین اختلاط غیر تصادفی
۲۱۳	م.ین‌های فصل چهارم
۲۱۴	مراجع
۲۱۹	فصل پنجم: محاسبات رفتار فازی
۲۲۰	۱-۵ محاسبات تعادل مایع - مایع
۲۲۹	انتخاب شده
۲۳۴	محاسبات در سریع
۲۳۸	۲-۵ تحلیل پایدار
۲۴۶	حد پایداری
۲۵۰	۲-۵ محاسبات نقطه‌ی بحر
۲۵۳	۴-۵ طبقه‌بندی ترکیبی
۲۵۷	فرض تعادل
۲۵۸	سیالات غیر تعادلی
۲۶۱	گرمای انتقال
۲۶۲	اهمیت
۲۶۶	تمرین‌های فصل پنجم
۲۶۸	مراجع
۲۷۱	فصل ششم: شناخت سیال
۲۷۲	۱-۶ روش‌های تجربی
	تقطیر
۲۷۲	کروماتوگرافی گازی
۲۷۲	۲-۶ خواص بحرانی
۲۸۷	روابط لی - کسلر
۲۸۸	روابط ریاضی - دابرت
۲۸۹	روابط آشوب انبساطی
۲۸۹	پارافین نرمال
۲۹۰	کسرهای نفتی
۲۹۰	دمای بحرانی
۲۹۰	حجم بحرانی

۲۹۰	فشار بحرانی
۲۹۱	وزن مولکولی
۲۹۳	روش «تو»
۲۹۳	روابط تجربی ریاضی - دابرت
۲۹۴	۳-۶ توصیف برش پایانی سنگین سیال
۲۹۵	تابع با تعداد کرین یگانه
۳۰۳	توصیف پیوسته
۳۱۱	کاربرد مستقیم
۳۱۸	بین‌های فصل ششم
۳۲۱	مراجع
۳۲۵	کتاب فصل هفتم: تزریق گاز
۳۲۵	۱-۷ مفاهیم امتزاج
۳۳۰	امتزاج در «واقعه خزن»
۳۳۴	۲-۷ مطالعات تجربی
۳۳۵	لوله‌ی قلمی
۳۴۱	دستگاه صعود حباب
۳۴۲	آزمایش‌های تماسی
۳۴۶	۳-۷ پیش‌بینی شرایط امتزاج‌پذیری
۳۴۷	رانش گاز تیخیری
۳۵۱	رانش گاز میعانی - تیخیری
۳۵۷	تمرین‌های فصل هفتم
۳۵۸	مراجع
۳۶۱	کتاب فصل هشتم: کشش سطحی
۳۶۳	۱-۸ روش‌های اندازه‌گیری
۳۶۶	۲-۸ پیش‌بینی کشش سطحی
۳۶۶	رابطه‌ی تجربی حالات متناظر (قانون مقیاس‌بندی)
۳۶۷	مقایسه‌ی روش‌های پیش‌بینی
۳۶۷	۳-۸ کشش سطحی آب و هیدروکربن
۳۸۰	تمرین‌های فصل هشتم
۳۸۲	مراجع
۳۸۵	کتاب فصل نهم: کاربرد در شبیه‌سازی مخزن
۳۸۶	گروه‌بندی
۳۸۶	انتخاب گروه
۳۹۲	روش نیولی - مریل

۳۹۳	۱-۹ خواص گروه.....
۳۹۶	بازیابی ترکیب.....
۴۰۰	۲-۹ مقایسه‌ی معادله‌ی حالت.....
۴۰۳	ترکیب فازی.....
۴۰۶	فشار اشباع.....
۴۰۷	چگالی.....
۴۰۹	حجم‌های گاز و مایع.....
۴۱۳	قدرت همگرایی.....
۴۱۳	۳- تنظیم معادله‌ی حالت.....
۴۱۵	سیال سیال.....
۴۱۶	انتخاب معادله‌ی حالت.....
۴۱۷	داده‌های ثابت.....
۴۱۸	انتخاب تغییرات رگرسیون.....
۴۲۳	محدودیت پسترها تنظیم شده.....
۴۲۳	روش‌شناسی.....
۴۲۵	اعتبار پویایی مدل.....
۴۲۷	تابع تراوایی نسبی.....
۴۲۹	پیش‌بینی گرانشی.....
۴۳۳	اجرا.....
۴۳۶	۵-۹ ارزیابی نمونه‌های سیال مخزنی.....
۴۴۴	تمرین‌های فصل نهم.....
۴۴۸	مراجع.....
۴۵۳	کتاب پیوست A (جدول).....
۴۶۵	کتاب پیوست B (روابط تخمین خواص بحرانی در واحدهای میدانی).....
۴۶۹	کتاب پیوست C (معادلات حالت).....
۴۷۳	کتاب پیوست D (نسبت‌های تعادلی).....

مقدمه‌ی مؤلف

اندازه‌گیری و پیش‌بینی دقیق رفتار فازی و خواص سیالات مخزن در فرایندهای طراحی بازیافت بهمن و افزایش تولید هیدروکربن‌ها، ضروری است. در این کتاب، اصول مرتبط و روش‌های کاربردی برای تعیین خواص موردنیاز در کاربردهای مهندسی با بررسی آگاهانه‌ی شیوه‌های مورد استفاده و پیشرفت‌های اخیر موردپسند آمده شده است.

اگرچه تأکید در استفاده از داده‌های حجم - فشار - دما و رفتار فازی در مسائل، مهندسی می‌باشد، روش‌های تجربی نیز بر مبنای محدودیت‌های آن‌ها شناسایی شده‌اند. این موضوع باید مخاطب را به درک دقیق‌تر موضوع و ارتباط آن با واقعیت‌های نتایج اندازه‌گیری و پیش‌بینی‌شده، راهنمایی کند.

این اثر، براساس موادی که طی طول سال‌ها به‌عنوان مطالب دوره‌های ارائه‌شده برای کارکنان صنعت نفت، گاز و دانشجویان تحصیلات تکمیلی مهندسی نفت، ارائه شده که شامل جنبه‌های متفاوت موضوعات است. امیدواریم برای مخاطبان مختلف مفید باشد. دو فصل اول و بخش‌های انتخاب‌شده از فصل‌های سه و پنج به‌عنوان موضوعات دروس تحصیلاتی مورد استفاده می‌باشد، درحالی‌که بقیه‌ی فصول به‌صورت کاربردی، مورد علاقه‌ی دانشجویان تحصیلات تکمیلی و مهندسان است. مثال‌های فراوانی برای نشان‌دادن موضوعات، بیان گردیده و تمرین‌هایی نیز در انتهای هر فصل درج شده است. با توجه به این‌که روش‌های ترسیمی و روابط ساده برای محاسبات هنوز هم در محاسبات مورد استفاده قرار می‌گیرد، در این اثر نیز گنجانده شده است. اما استفاده از روش‌های ترکیبی پیشرفته که نیاز به محاسباتی زیادی در صنعت دارد، به‌راحتی در دسترس می‌باشد.

از زحمات پروفیسور تهرانی در بازبینی متن و پیشنهادهای ارزشمند آن‌ها برای برگزیده از تجربیاتشان در صنعت می‌باشد، تشکر می‌کنم. هم‌چنین از اساتید ارجمند پروفیسور مهندسین و سی. ویتسون برای توضیحات مفیدشان در بخش‌هایی از کتاب تقدیر و تشکر می‌گردد. بخش عمده‌ای از این کتاب حاصل تجربه و تحقیقات مؤلفان در صنعت نفت و دانشگاه هریوت - وایت می‌باشد و از زحمات حامیان، همکاران و دانشجویان که کمک کرده تا چاپ این اثر میسر گردد، تشکر می‌نمایم. و همچنین از مشارکت و زحمات پروفیسور تود، آقای قزل‌یور و موقرنزاد تقدیر و تشکر می‌نمایم. از زحمات امیر چرفولی در آماده‌سازی گرافیک کتاب تشکر می‌کنم.

مقدمه‌ی مترجمان

کتاب حاضر، مرجع اصلی درس خواص سیالات مخزن در مقطع کارشناسی ارشد و دکترای مهندسی نفت می‌باشد که در سراسر کشور تدریس می‌شود و بسیاری از بخش‌های آن نیز در مقطع کارشناسی، کلیه‌ی گرایش‌های مهندسی نفت قابل استفاده است.

در ضمن توجه به جامع بودن مطالب و پرداختن به موارد فنی و کاربردی، این اثر می‌تواند توسط متخصصان کارشناسان صنعت نفت نیز مورد استفاده قرار گیرد.

در ترجمه‌ی این اثر سعی شده که متن به‌صورت کامل ترجمه گردد و مفاهیم موردنظر نویسنده به‌دقت منتقل شود. لذا برای این منظور اطلاعات کتاب اصلی به فارسی برگردانده شده است.

لازم به ذکر است علی‌رغم تلاش‌های فراوان و دقت بسیار که در ترجمه‌ی این اثر به‌کار رفته، این اثر خالی از اشکال نیست. ما بر این باوریم که صاحب‌نظران و متخصصان دعوت می‌شود نظرات اصلاحی را با ناشر در میان بگذارند و ما را در ارائه‌ی بهتر مطالب در چاپ‌های بعدی یاری دهند.

شایسته است از کارکنان و مدیرمسئول انتشارات ستایش جناب آقای علی‌اکبر حائری که در اسرع وقت آماده‌سازی و چاپ این اثر را انجام داد و به‌واسطه‌ی مهربانم که در کلیه‌ی مراحل ترجمه‌ی این اثر یاری نموده تشکر و قدردانی نمایم.

با آرزوی موفقیت برای همه‌ی دست‌اندرکاران
صنعت نفت و مهندسی

نمادها

A	پارامتر عبارت جاذبه در معادله‌ی حالت	N	تعداد اجزاء
A	پارامتر بدون بعد عبارت جاذبه در معادله‌ی حالت	N_p	تعداد شبه اجزاء
B	پارامتر عبارت دافعه در معادله حالت	P	فشار
B	پارامتر بدون بعد عبارت دافعه در معادله‌ی حالت	P_a	فشار اتمسفر
B_g	ضریب حجمی سازند گاز	P_b	فشار نقطه‌ی حباب
B_o	ضریب حجمی سازند نفت	P_k	فشار همگامی
B_t	ضریب حجمی سازند کل	P_σ	پارامتر
C_g	ضریب تراکم‌پذیری همدمای گاز	P^s	فشار بخار
C_o	ضریب تراکم‌پذیری همدمای نفت	R	ثابت جهانی
F	فوکاسیته	R_g	گاز محلول
G	انرژی گیبس	S	وزن مخصوص، چگالی نسبی در دمای ۲۸۸ K
H	ارتفاع	T	دما
$\bar{h}$	آنتالپی مولی	T_b	دمای نقطه جوش نرمال
H	آنتالپی کل	$\bar{u}$	انرژی درونی مولی
H_i	تابا هندی	V	حجم مولی
h_i	آنتالپی مولی اجزای	$\bar{V}$	سرعت
K	تراوایی	V	حجم
K_{ij}	پارامتر برهم کنش اجزای	X_i	درصد مولی
K_{rg}	تراوایی نسبی گاز	Y_i	درصد مولی فاز بخار
K_{ro}	تراوایی نسبی نفت	Z_i	درصد مولی
K	ثابت تعادل	Z	ضریب تراکم‌پذیری
K_w	ضریب شناسایی واتسون	Z_{RA}	ضریب تراکم‌پذیری راکت
M	وزن مولکولی (جرم مولی)		
N	تعداد مول یا کربن		