

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

هیدرو آئرومکانیک کاربردی

در

حفّاری نفت و گاز

یوگینی لئونوف

والری عیسایف

مترجم:

دکتر علی اکبر رحمانی

عضو هیئت علمی دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

سرشناسه	: لئونوف، لئونید، ۱۸۹۹-م.
عنوان و نام پدید آور	Leonov, Leonid : هیدروآیرومکانیک کاربردی در حفاری نفت و گاز
مشخصات نشر	: یوگونی لئونوف، والرئ عیسایف / مترجم : علی اکبر رحمانی
مشخصات ظاهری	: قزوین : آلائی اندیشه ، ۱۳۹۳
شابک	: ۵۵۲ ص ، مصور ، جدول ، نمودار . : ۲۵۰۰۰۰ ریال : 978-600-94820-4-7
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
یادداشت	: عنوان اصلی: Applied hydro-aeromechanics in oil and gas drilling .c,2010.
یادداشت	: واژه نامه
یادداشت	: کتابنامه
یادداشت	: نمایه
موضوع	: جامه‌های نفت - حفاری
موضوع	: جامه‌های گاز - حفاری
موضوع	: هیدرولیک
شناسه افزوده	: ایسایف
شناسه افزوده	: Isaev, V.I.
شناسه افزوده	: رحمانی علی اکبر ، ۱۳۳۱ ، مترجم
رده بندی کنگره	: ۱۳۳۹ ۹۰۹ / ۲ / TN۸۷۱
رده بندی دیویی	: ۶۲۲/۳۳۸۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۶۳۳۵۸۱

عنوان: هیدروآیرومکانیک کاربردی در حفاری نفت و گاز

مترجم: علی اکبر رحمانی

ویراستار: شهره گریبی

ناشر: قزوین: آلائی اندیشه

طراح جلد: مهندس کمیل رحمانی

چاپ اول: پاییز ۱۳۹۳

لیتوگرافی چاپ و صحافی: سعیدی / قم

تیراژ: ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۲۵۰۰۰۰ ریال

فهرست مطالب

فصل ۱. نتایج و خطوط اصلی توسعه‌ی هیدرو - آثر مکانیک فرایندهای حقّاری ۱

فصل ۲. مسایل اصلی هیدرو - آثر مکانیک در فرایندهای حقّاری ۴

فصل ۳. محیط‌های چندفازی در فرایندهای حقّاری ۸

فصل ۴. معادلات هیدرو - آثر مکانیکی فرایندهای حقّاری

۱-۴. معادله‌ی پایداری جرم ۱۶

۲-۴. معادله‌ی تکانه (حرکت) ۱۸

۳-۴. معادلات حالات ترمودینامیکی ۲۸

۴-۴. معادلات حالت سیال شناسی ۳۰

مسأله‌ی ۱-۴-۴ ۳۶

۵-۴. معادله‌ی غلظت‌ها ۳۹

۶-۴. فرمول بندی مسایل هیدرو - آثر مکانیکی برای فرایندهای حقّاری ۴۰

۱-۶-۴. جریان‌های محوری در لوله‌ها و فضای حلقوی (annulus) (طوق) ۴۰

۲-۶-۴. جریان‌هایی که به وسیله‌ی دوران لوله‌ها و دیوارهای فضای حلقوی به وجود می‌آیند. ۴۲

۳-۶-۴. جریان شعاعی در شکاف دایره‌ای ۴۳

۴-۶-۴. جریان‌ها در لوله‌ها و فضای حلقوی ۴۵

۵-۶-۴. جریان در شکاف دایره‌ای ۴۹

فصل ۵. هیدروستاتیک سیالات تک‌فازی و مخلوط‌های دوفازی در میدان ثقلی

۱-۵. هیدروستاتیک سیالات تک‌فازی ۵۳

۲-۵. هیدروستاتیک سیال تراکم‌پذیر ۵۴

مسأله‌ی ۱-۲-۵ ۵۶

۳-۵. هیدروستاتیک سیال تراکم‌پذیر تک‌فازی (گاز) ۵۶

مسأله‌ی ۱-۳-۵ ۵۷

۵۸	۴-۵. هیدروستاتیک سیال به طور جزئی تراکم‌پذیر
۵۸	مسأله‌ی ۴-۵-۱
۵۹	۵-۵. هیدروستاتیک سیال با تنش برش دینامیکی
۶۲	مسأله‌ی ۵-۵-۱
۶۳	مسأله‌ی ۵-۵-۲
۶۵	۶-۵. هیدروستاتیک سیالات دوفازی
۷۲	مسأله‌ی ۵-۶-۱

فصل ۶. جریان ثابت سیالات در المانهای سامانه‌ی گردش چاه

۷۴	۶-۱. معادلات برای جریان‌های ثابت سیالات تراکم‌ناپذیر همگن
۷۴	۶-۱-۱. جریان‌ها در لوله‌ها و کانال‌های حلقوی
۷۵	۶-۱-۲. جریان‌ها در دوران دیوارهای لوله‌ها و فضای حلقوی
۷۵	۶-۱-۳. جریان شعاعی در شکاف دایره‌ای
	۶-۲. محاسبه‌ی فشار در جریان‌های آرام سیالات تراکم‌ناپذیر و شکسان در شکاف‌های دایره‌ای، لوله‌ها و کانال‌های حلقوی
۷۶	۶-۲-۱. جریان در شکاف دایره‌ای
۸۱	مسأله‌ی ۶-۲-۱
۸۲	۶-۲-۲. جریان در لوله‌ها و کانال‌های حلقوی
۸۵	مسأله‌ی ۶-۲-۲
۸۵	مسأله‌ی ۶-۲-۳
	۶-۳. محاسبه‌ی فشار در جریان‌های آرام سیالات و شکسان - مومسان در شکاف‌ها، لوله‌های دایره‌ای و کانال‌های حلقوی
۸۶	۶-۳-۱. جریان‌ها در شکاف دایره‌ای
۹۰	مسأله‌ی ۶-۳-۱
۹۱	۶-۳-۲. جریان‌ها در لوله‌ها
۹۴	مسأله‌ی ۶-۳-۲
۹۵	۶-۳-۳. جریان‌ها در کانال‌های هم‌مرکز حلقوی
۱۰۱	مسأله‌ی ۶-۳-۳
۱۰۲	مسأله‌ی ۶-۳-۴

- ۴-۶. محاسبه‌ی فشار در جریان‌های آرام سیالات تراکم‌ناپذیر توان (power) در شکاف‌ها، لوله‌ها و کانال‌های حلقوی ۱۰۲
- ۴-۶-۱. شکاف دایره‌ای ۱۰۲
- ۴-۶-۲. جریان سیال توان در لوله‌ها ۱۰۶
- ۴-۶-۳. جریان در کانال‌های حلقوی ۱۰۸
- ۴-۶-۱. مسأله‌ی ۱۱۳
- ۵-۶. محاسبه‌ی فشار در جریان‌های مغشوش (turbulent flows) در لوله‌ها و کانال‌های حلقوی ۱۱۴
- ۵-۶-۱. جریان مغشوش در کانال حلقوی ۱۲۵
- ۵-۶-۲. جریان مغشوش سیال وشکسان - مومسان در لوله‌ها ۱۳۰
- ۶-۶. گذار جریان آرام سیالات وشکسان، وشکسان - مومسان و توان به جریان مغشوش ۱۳۲
- ۶-۷. محاسبه‌ی فشار در جریان‌ها در فضای حلقوی خارج از مرکز: تشکیل زون‌های سکون ۱۳۷
- ۶-۷-۱. مسأله‌ی ۱۴۴
- ۶-۸. تأثیر دوران لوله‌ی درونی بر فشار در فضای حلقوی ۱۵۳
- ۶-۹. افت فشار در مقاومت‌های موضعی سامانه‌ی گردش سیال ۱۵۹
- ۶-۹-۱. مسأله‌ی ۱۶۲
- ۶-۹-۲. مسأله‌ی ۱۶۴
- ۶-۹-۳. مسأله‌ی ۱۶۶
- ۶-۹-۴. مسأله‌ی ۱۶۸

فصل ۷. تعادل و حرکت ذرات سخت در سیال، گاز و مخلوط گاز - مایع

- ۷-۱. شستشوی ته (کف) چاه ۱۶۹
- ۷-۲. شناوری ذرات جامد (سخت) در جریان‌های سیال گاز، و مخلوط گاز - مایع ۱۷۳
- ۷-۲-۱. مسأله‌ی ۱۷۶
- ۷-۲-۲. مسأله‌ی ۱۷۷
- ۷-۲-۳. مسأله‌ی ۱۸۱
- ۷-۲-۱. جریان در اطراف ذره‌ی خرده‌ی حفاری در نزدیکی دیوار ۱۸۶
- ۷-۲-۲. ترسیم نموداری رژیم‌های جریان سیال غیرنیوتنی در اطراف ذرات ۱۹۲
- ۷-۳. دبی‌های سیال، گاز و مخلوط گاز - مایع که برای خارج کردن خرده‌های حفاری از چاه لازم می‌باشند ۱۹۳

- مسأله‌ی ۷-۳-۱..... ۱۹۴
- ۷-۴. محاسبه‌ی زمان سقوط گلوله در جریان پایین روی سیال شستشو در ستونی از لوله‌ها... ۱۹۵
- مسأله‌ی ۷-۴-۱..... ۱۹۶
- ۷-۵. محاسبه‌ی هیدرولیک سامانه‌ی دایره‌ای در حقاری یا شستشوی سیال تراکم‌ناپذیر..... ۱۹۷
- ۷-۵-۱. تعیین دبی سیال که شستشوی ته چاه و حمل خرده‌های حقاری در فضای حلقوی را فراهم می‌کند..... ۱۹۷
- ۷-۵-۲. انتخاب قطر بوشن استوانه‌ای پمپ..... ۱۹۸
- ۷-۵-۳. انتخاب چگالی سیال شستشو..... ۱۹۸
- ۷-۵-۴. انتخاب موتور درون چاه..... ۲۰۰
- ۷-۵-۵. محاسبه‌ی افت‌های فشار در المانهای سامانه‌ی گردش سیال..... ۲۰۱
- ۷-۵-۶. تعیین افت فشار در مته‌ی حقاری: انتخاب سر مته‌ی کنترل هیدرولیکی..... ۲۰۴
- ۷-۵-۷. فرمول‌های اصلی برای محاسبه‌ی فشار در دهانه‌ی لوله‌ی حقاری، در اتصال المانهای سامانه‌ی گردش سیال و ته چاه..... ۲۰۶
- ۷-۵-۸. ترسیم نمودار فشار..... ۲۰۸
- ۷-۵-۹. مثالی از محاسبه‌ی هیدرولیکی شستشوی چاه..... ۲۰۸

فصل ۸. جریان ثابت (stationary flow) و مخلوط گازدار (gas-cutting) در المانهای سامانه‌ی گردش چاه

- ۸-۱. توزیع فشار در جریان بالاروی گاز و مخلوط گازدار در کانال حلقوی چاهی..... ۲۲۱
- ۸-۲. توزیع فشار در جریان رو به پایین گاز در لوله‌ها..... ۲۲۴
- ۸-۳. افت فشارها در سر مته‌ها و اتصالات لوله..... ۲۲۵
- ۸-۴. روش محاسبه‌ی ظرفیت پمپ و فشار کمپرسور در حقاری نوام یا انفجار..... ۲۲۸
- مسأله‌ی ۸-۴-۱..... ۲۳۰

فصل ۹. جریان‌های ثابت مخلوط‌های گاز - مایع در یک چاه

- ۹-۱. معادلات جریان مخلوط گاز - مایع..... ۲۳۷
- ۹-۲. جریان رو به بالای آرام مخلوط‌های گاز - مایع در لوله‌ها و کانال‌های حلقوی..... ۲۳۹
- ۹-۳. محاسبه‌ی فشار در لوله‌ها و فضای حلقوی در جریان‌های مغشوش عمودی رو به بالای مخلوط های گاز - مایع..... ۲۴۳
- ۹-۴. افت فشار سر مته‌ها در جریان مخلوط گاز - مایع..... ۲۴۵

۵-۹. افت فشار در مته‌های توربینی.....	۲۴۶
۶-۹. محاسبه‌ی فشار در لوله‌ها در جریان مغشوش عمودی رو به پایین مخلوط گاز - مایع.....	۲۴۸
۷-۹. روش محاسبه‌ی توزیع و فشار پمپ‌ها و کمپرسورها در حقاری.....	۲۵۱
مسأله‌ی ۹-۷-۱.....	۲۵۸
۸-۹. تأثیر انحلال‌پذیری گاز در سیال بر روی فشار مخلوط در چاه.....	۲۶۴
مسأله‌ی ۹-۸-۲.....	۲۶۵

فصل ۱۰. جریان‌های نائبات سیالات تک‌فاز در یک چاه

۱-۱۰. معادلات جریان‌های تک‌فاز نائبات.....	۲۷۱
۲-۱۰. جریان‌های نائبات سیال تراکم‌ناپذیر در عملیات رفت (به چاه) و برگشت (از چاه).....	۲۷۵
۳-۱۰. فشار هیدرودینامیکی در عملیات رفت و برگشت در چاهی که با سیال وشکسان پر شده است.....	۲۷۸
۴-۱۰. فشار هیدرودینامیک که در پایین فرستادن ساقه‌ی مته در چاه پر از سیال وشکسان - موم‌سان تولید می‌شود.....	۲۹۰
۵-۱۰. مثال‌هایی از محاسبه‌ی فشار در عملیات حرکت رفت و برگشت.....	۲۹۴
مسأله‌ی ۱۰-۵-۱.....	۲۹۴
مسأله‌ی ۱۰-۵-۲.....	۲۹۹
۶-۱۰. جریان سیال نائبات در چاهی به صورت فرایند موج (wave process).....	۳۰۱
۷-۱۰. محاسبه‌ی فشار در خراب شدن لوله‌ی فرعی ایمنی (safety bypass).....	۳۰۶
مسأله‌ی ۱۰-۷-۱.....	۳۰۶
۸-۱۰. محاسبه‌ی فشار در بازیافت گردش سیال در چاه.....	۳۱۳
مسأله‌ی ۱۰-۸-۱.....	۳۱۳
۹-۱۰. محاسبه‌ی فشار در چاه در نصب حفاظ ساچمه بر روی نشیمنگاه (حلقه‌ی فشاری) در ساقه‌ی مته.....	۳۱۸
مسأله‌ی ۱۰-۹-۱.....	۳۱۹
۱۰-۱۰. محاسبه‌ی فشار در رفت و برگشت ساقه‌ی مته به صورت فرایند موج.....	۳۲۳

فصل ۱۱. جریان‌های سیالات و سنگ‌های جامد سازند

۱-۱۱. معادلات اساسی جریان‌های سیال و سنگ جامد سازند.....	۳۲۸
--	-----

۲-۱۱. جریان‌های آرام ثابت سیالات تراکم‌ناپذیر و تراکم‌پذیر و گازها.....	۳۲۹
۳-۱۱. جریان‌های آرام ناثابت سیالات تراکم‌ناپذیر و تراکم‌پذیر و گازها.....	۳۳۳
مسئله‌ی ۱-۳-۱۱.....	۳۳۵
مسئله‌ی ۲-۳-۱۱.....	۳۴۳
مسئله‌ی ۳-۳-۱۱.....	۳۴۸
۴-۱۱. جریان‌های سیالات سازند و جامدهای سنگی در رژیم‌هایی متفاوت از رژیم‌های آرام.....	۳۴۹
مسئله‌ی ۱-۴-۱۱.....	۳۵۲
مسئله‌ی ۲-۴-۱۱.....	۳۵۵

فصل ۱۲. جریان‌های ناثابت مخلوط‌های گاز - مایع در سامانه‌ی سازند چاه

۱-۱۲. تخمین کاهش فشار ته چاه در حذف سکوی گاز (gas bench).....	۳۵۷
۲-۱۲. تشخیص انفجار ناگهانی گاز و انتخاب رژیم‌های مایع‌سازی آن.....	۳۶۳
مسئله‌ی ۱-۲-۱۲.....	۳۷۲
۳-۱۰. محاسبه‌ی مقدار، چگالی و توزیع سیال لازم برای کشتن فوران گاز آزاد.....	۳۷۳
مسئله‌ی ۱-۳-۱۲.....	۳۷۹
۴-۱۲. محاسبه‌ی فشار در دهانه‌ی چاه در کشتن فوران به وسیله‌ی پمپاژ.....	۳۸۱

فصل ۱۳. جریان‌های ناثابت مخلوط‌های سیال در سامانه‌ی سازند چاه: محاسبه‌ی کشتن

فوران سیال - گاز

مسئله‌ی ۱-۱۳.....	۳۹۰
-------------------	-----

فصل ۱۴. توزیع غلظت و فشار در جابه‌جایی سیالات نیوتنی و وشکسان - موم‌سان از لوله

های دایره‌ای و کانال‌های حلقوی: محاسبه‌ی هیدرولیکی رژیم سیمان‌کاری

۱-۱۴. علت‌های اصلی جابه‌جایی ناکامل سیالات.....	۳۹۳
۲-۱۴. توزیع غلظت‌ها در جا به جا کردن یک سیال به وسیله‌ی سیال دیگر.....	۳۹۶
۳-۱۴. توضیح تکمیل جا به جایی لازم در محاسبه‌ی سیمان‌کاری.....	۴۰۵
۴-۱۴. روش محاسبه‌ی هیدرولیکی رژیم‌های سیمان‌کاری با توجه به غلظت معین در سطح مقطع کانال.....	۴۰۷

مسأله‌ی ۱۴-۴-۱.....	۴۱۷
۱۴-۵. محاسبه‌ی سیمان کاری تک مرحله‌ای چاه: روش محاسبه‌ی سیمان کاری.....	۴۳۱
۱۴-۵-۱. محاسبه‌ی پارامترهای سیمان کاری.....	۴۳۲
مثال‌های محاسباتی.....	۴۳۷
۱۴-۵-۲. انتخاب و محاسبه‌ی ترکیب دوغاب سیمان.....	۴۴۹

فصل ۱۵. ته‌نشین شدن فاز سخت در سیال حقاری پس از توقف اختلاط

۱۵-۱. معادله‌ی یک‌بعدی برای فشار هیدرولیکی در ته‌نشین شدن فاز سخت تعلیق.....	۴۵۴
۱۵-۲. پایین آوردن فشار هیدرولیکی در چاه پس از توقف گردش محلول.....	۴۵۸

فصل ۱۶. تعیین عملی ویژگی‌های جریان شناختی

۱-۱۶. تعیین ویژگی‌های جریان شناختی یا گرانروی سنج دورانی.....	۴۶۱
۲-۱۶. تعیین ویژگی‌های جریان شناختی یا گرانروی سنج موین.....	۴۶۴
۳-۱۶. تعیین ویژگی‌های جریان شناختی سنگ‌های جامد.....	۴۶۹
۴-۱۶. مثال‌هایی از کاربردهای ویژگی‌های جریان شناختی.....	۴۷۱
مسأله‌ی ۱۶-۴-۱.....	۴۷۲
مسأله‌ی ۱۶-۴-۲.....	۴۷۵
مسأله‌ی ۱۶-۴-۳.....	۴۷۶
منابع.....	۴۷۹
واژگان انگلیسی به فارسی.....	۴۸۵
واژگان فارسی به انگلیسی.....	۴۸۷
نمایه‌ها.....	۴۸۹
نمادها.....	۴۹۳

دیباچه

فرایندهای هیدرو - آئرومکانیک (hydro - aeromechanics) پایه و اساس اکثر عملیات فنی حفاری نفت و گاز محسوب می‌شوند. در حال حاضر، حفاری بدون گردش سیالات حفاری (drilling fluids) و مسدودکننده (plugging fluids) عملاً غیر ممکن است. در حقیقت، خارج کردن خرده‌های حفاری (cuttings) از چاه، کاربرد مته‌های توربینی (turbo drills) و سرمته‌های فواره‌ای (jet bit)، پایین‌فرستادن رشته‌لوله‌های جداری (casing strigs) و سیمان‌کاری لوله‌های جداری، کنترل هرزروی سیال حفاری و ظاهرشدن سیال مخزن، تحقیق درباره‌ی هرزروی سیالات و زون‌های افق تولید، لیست کاملی از عملیاتی را ارایه می‌دهد که همگام با فرایندهای هیدرو - آئرومکانیک است.

هیدرو - آئرومکانیک در حفاری، شاخه‌ی ویژه‌ای از فناوری نفت است که در آن سیالات در گردش و مسدودکننده، اسکلت و سیال بستر در حفاری چاه مورد توجه قرار گرفته و توضیح داده می‌شوند. طراحی، برنامه‌ریزی، بهینه‌سازی و تشخیص طرح‌های حفاری بدون داده‌هایی که توسط این شاخه فراهم می‌شود غیرممکن به نظر می‌رسند.

افزایش سریع تعداد و عمق چاه‌ها در چند سال گذشته، توجه ویژه‌ای را در خصوص مشکلات هیدرو - آئرومکانیک در حفاری به خود جلب کرده است. دانشمندانی به کمک هم بعضی از مشکلات را به طور موفقیت‌آمیزی مرتفع کرده‌اند، بر مبنای این توسعه‌ها، نگره‌ی هیدرو - آئرومکانیک که عمده عملیات فنی حفاری چاه را در برمی‌گیرد، به طور روشمندی در این کتاب ارایه شده است. کتاب حاضر براساس تدریس متون مربوط به نفت و گاز در دانشگاه دولتی گوبکین مسکو (Moscow State Gubkin University) تنظیم شده است.

یوگینی جی. لئونوف

والری آی. عیسایف