

دومین همایش بین المللی نفت، گاز و پتروشیمی، 27 آذر ماه ۱۳۹۳، تهران، ایران

## بررسی اثرات دما بر انتقال خرده ها با گل هوازده در دالیز چاه افقی بامقایسه ی داده های آزمایشگاهی و شبیه ساز در یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران

منصور نیک روش<sup>۱</sup>، میثاق منصوری قنواتی<sup>۲</sup>، علی قاربانیان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>مهندس بهره بردار؛ mansoor\_nikravesh64@yahoo.ca

<sup>۲</sup>مهندس فرآورش؛ mansoori.misagh@yahoo.com

<sup>۳</sup>مهندس فرآورش؛ aligharbanian@gmail.com

### چکیده

در این مقاله ابتدا مطالعه جریان دوفازی را به جریان گل هوازده جهت توسعه مدل جریان دو فازی در دالیز چاه با در نظر گرفتن اثرات دما بر الگوهای جریان در یک دالیز چاه افقی بسط داده، سپس برای بررسی توانایی انتقال خرده ها با گل هوازده به تجزیه و تحلیل داده های آزمایشگاهی با استفاده از رسم نمودارهای مقایسه ای پرداخته شده که نتایج به وضوح نشان می دهد که دما به طور محسوسی بر بازدهی انتقال خرده ها اثرگذار بوده و با بالا رفتن دما، تراکم خرده ها افزایش می یابد. در این کار برای اینکه از عملکرد نرم افزار اطمینان حاصل شود نتایج حاصل از نرم افزار را با نتایج آزمایشگاهی با رسم نمودار مقایسه کرده که نتایج مطابقت زیادی با هم نشان می دهند.

### کلمات کلیدی

جریان گل هوازده، دالیز چاه افقی، جریان دوفازی، انتقال خرده ها

## Considering Effects of temperature on cuttings transport by aerated mud in horizontal annulus on the basis of laboratories data and comparing with simulator in one of Iranian south west oil field

M.Nikravesh, M.Mansouri, A.Gharbanian

### ABSTRACT

In this paper, we firstly deal with explaining the two-phase flow to aerated mud in full details in with a purpose of developing two-phase model studies in annulus with considering temperature effects on flow patterns in horizontal annulus. We used the laboratory facilities to study the ability of cutting transport with aerated fluids by using of comparison diagram.

The obtained result show clearly that temperature has a considerable effect on cutting transport yield , and cuttings concentration will be increased along with temperature increase.

In this work, the software results are compared with those experimental results obtained through drawing diagrams and a great concordance is shown between both results.

### KEYWORDS

Aerated mud, two-phase flow, cutting transport, cuttings concentration, horizontal annulus, flow patterns, yield, temperature, GLR, stratified flow

<sup>۱</sup> منصور نیک روش، آبادان، کارون، خیابان ۹ اصلی کوچه محمدی پلاک ۲۳، ۰۹۱۶۷۰۰۰۳۳۶

## ۱- مقدمه

نیاز به تکنولوژی برای کاهش هزینه ها و بهتر شدن بازیافت از مخازن هیدروکربنی به خوبی مشهود است. پیشرفت در تکنولوژی حفاری یکی از مؤثرترین روش های کاهش هزینه محسوب می گردد. بطور آشکارا، توسعه تکنولوژی حفاری زیر تعادلی برای حفاری مخازن تخلیه شده و حفاری چاه های عمودی و غیر عمودی سودمند است. استفاده از حفاری زیر تعادلی برای حفاری آب های عمیق و سواحل، جهت اجتناب از شکستگی سازند های سست و ضعیف بسیار حائز اهمیت است. علاوه بر آن باعث دسترسی بهتر به ذخائر و پتانسیل موجود برای ارزیابی مخازن به هنگام حفاری است.

در این تحقیق ابتدا، مطالعات کتابخانه ای جریان دو فازی را به جریان گل هوازده در دالیزچاه مرتبط ساخته و سپس آن را در دو بخش: جریان های هوازده در لوله های نسبتاً افقی و افقی و جریان گل هوازده در دالیزچاه به منظور توسعه مدل جریان دو فازی برای سیالات هوازده با در نظر گرفتن اثرات دما و فشار بر الگوهای جریانی در دالیزچاه افقی، جهت متحدالمرکز نمودن دالیزچاه با گردش لوله درونی تجزیه و تحلیل می نماییم. سپس برای بررسی توانایی انتقال خرده ها با استفاده از سیالات هوازده با در نظر گرفتن اثرات دما و فشار به تجزیه و تحلیل داده های آزمایشگاهی می پردازیم. این آزمایشات با در نظر گرفتن اثرات دما و فشار در حلقه جریانی بررسی شده است. در طی این آزمایشات نرخ جریان آب/هوا را در محدوده ۵۰ الی ۲۵۰ گالن بر دقیقه و ۵۰ الی ۱۵۰ (scf/min) بطور متناوب تزریق و افت فشار و دانسیته مخلوط در سرتاسر مقطع درونی دالیزچاه اندازه گیری شده است. که دو الگوی جریان لخته ای و لایه ای در سرتاسر محدوده انتخابی برای تست ماتریکس مشاهده شده است. نتایج این آزمایشات نشان می دهد که بالا رفتن دما از حد معمول بر الگوهای جریان دوفازی و کاهش فشار اصطکاکی موثر بوده است. همچنین آزمایشات انتقال خرده ها در یک حلقه جریانی full-scull که شامل ۷۳ فوت (۲۲/۵ متر) طول مقطع دالیزچاه، اندازه جداری ۶ اینچ (۵۲ میلیمتر) و قطر لوله حفاری ۳/۵ اینچ (۸۹ میلیمتر) در محدوده فشار ۱۰۰ الی ۵۰۰ (psi) و دمای ۸۰ الی ۱۷۵<sup>o</sup> بطور متناوب صورت پذیرفته است که تراکم حجم خرده ها در دالیزچاه با استفاده از طراحی ویژه یک سیستم اندازه گیری چندفازی تعیین شده و به دنبال آن داده های مجهول مربوط به وزن خرده ها در دالیزچاه، دانسیته مخلوط و کاهش فشار گردآوری شده است که نتایج این آزمایشات حاکی از حساسیت حجم خرده ها به نرخ جریان مایع می باشد.

## ۱-۱ تئوری

### ۱-۱-۱ انتقال خرده ها

تعداد زیادی از محققین برای حداقل نرخ جریان مورد نیاز برای تمیز نمودن جامدات و خرده های درون لوله ها و فضای دالیزی از

سیالات تک فازی استفاده کرده اند. البته مطالعات بر روی انتقال خرده ها با استفاده از سیالات هوازده بسیار محدود است. مطالعات قبلی بر سیالات هوازده نشان می دهد که انتقال خرده ها در سیالات هوازده بطور عمده در فاز مایع انجام می گیرد. بنابراین مطالعه ی انتقال خرده ها با سیالات عمومی و سیالات هوازده با یکدیگر ضرورت پیدا می کند. جدول (۱) خلاصه ای از ادبیات و سوابق مربوطه برای انتقال خرده ها را ارائه می نماید.

### ۱-۱-۲ سوابق کارهای انجام شده در رابطه با انتقال خرده

#### ها با گل هوازده

Doron و Barnea، اثراتی از تزریق گاز بر مخلوط های جریان جامد - مایع را بر ذرات درشت در لوله های افقی بررسی کردند. آنها گزارش کردند که اثر عمده تزریق گاز مربوط به کیسه های گازی بر سازند است که افت فشار را در نرخ های جریان دوغاب پایین کاهش می دهد. (نرخ های جریانی که کمتر از نرخ جریان بحرانی برای تمیز نمودن کامل لوله است). آنها پیشنهاد کردند که ممکن است کاهش افت فشار در یک جریان دوغاب توسط تزریق یک فاز گازی صورت پذیرد.

Holte، حرکت ذرات شن را در لوله های افقی بطور آزمایشگاهی تحقیق کرد. این تست ها در یک تأسیسات آزمایشگاهی که دارای ۳۰ متر طول و ۱۰۰ میلیمتر قطر درونی بود انجام گرفت. در این آزمایش ها سه فاز جریان آب - هوا - شن در لوله افقی بررسی گردید. این آزمایشات برای تعیین کردن حدود مایع و گاز برای سازند های شنی شکل گرفته بود.

یکی از مهمترین مشاهدات او در این مطالعه این بود که در نزدیک بستر سطح نیروهای برشی وظیفه عمده بالا بردن ذرات بستر را دارند.

Gillies نتایج آزمایشگاهی مشاهده شده از تست انتقال شن در یک لوله افقی را با هوا و آب ارائه نمود. آنها اثراتی از گاز اضافه بر روی انتقال خرده های شن را در رژیم های جریانی مایع آشفته و آرام (خطی) تحقیق کردند. یکی از نتایج اصلی مطالعه این بود که تزریق گاز تاثیر کمی بر انتقال شن در سرعت های فوق العاده پایینی دارد. همچنین مشاهده کردند که تزریق گاز، نرخ انتقال جامدات و گرادیان فشار را در صورتیکه جریان مایع بصورت آشفته باشد افزایش می دهد.

Tippetts، نتایج آزمایشگاهی بر روی انتقال شن را با هوا - آب در یک لوله افقی ارائه کرد. در سرعت های پایین مایع و گاز، یک بستر ساکن یکنواخت از شن شکل می گیرد. به عبارتی تل های شنی مشاهده گردید. وقتی که ذرات بالای بستر جریان فرسایش یافته و از پیش در پایین بستر جریان از یک ریگ دانه پراکنده شده باشد حرکت ریگ دانه ها آغاز می شود. آنها بر پایه ی نتایج

بررسی کرد. او در این آزمایشات از آب بعنوان فاز مایع و هوا بعنوان فاز گازی و گراول بعنوان فاز جامد استفاده کرد. همچنین سه زاویه شیب با ترکیب متفاوت از نرخ های حجمی جریان مایع و گاز را برای انجام آزمایشات خود در نظر گرفت که این تصمیمات مطابق با نرخ های پیش بینی شده برای جریان گاز بحرانی و تراکم حجمی خرده ها ارائه گردید. گزارشات حاکی از آن بود که در نتیجه افزایش در نرخ جریان هوا یا مایع، مقدار تراکم جامدات در دالیز کاهش می یابد. البته نرخ های جریان مایع بیشتر از نرخ های جریان گاز تاثیر گذار بوده است.

چهار گروه از تست ها در طی تحقیقات آزمایشگاهی انتقال خرده ها انجام شده بودند. فشار و دما برای برقراری یک نسبت ثابت گاز - مایع، تغییر داده شده بودند، برای هر گروه، تست ها در چهار نسبت مختلف گاز-مایع (۰، ۰/۱۲، ۰/۲۴، ۰/۳۸) شکل گرفتند. نسبت گاز-مایع بصورت  $GLR = QG / (QL + QG)$  که QL و QG نرخ های جریان گاز درونی و مایع هستند تعریف می گردد. جدول (۲) فشارها و دماها را برای هر گروه آزمایشگاهی نشان می دهد.

جدول (۲) نرخ های جریان هوا و آب برای گروه تست شماره (۳) ( $P = 200 \text{ psi}$  و  $T = 120^\circ \text{ F}$ ) را نشان می دهد. دما و فشار تست بطور نسبی از ۸۰ تا  $175^\circ \text{ F}$  و  $185$  تا  $500 \text{ psi}$  تغییر پیدا کرده است. نتایج اندازه گیری های آزمایشگاهی مربوط به گروه تست شماره (۱) در جدول (۴) آمده است.

## ۲- داده و نتایج آزمایشات

### ۲-۱ اثراتی از دما بر روی انتقال خرده ها

نتایج بطور آشکارا نشان می دهد که، علاوه بر نرخ جریان مایع و نسبت گاز مایع دما نیز بطور آشکارا بر بازدهی انتقال خرده ها بوسیله گل های هوازده اثرگذار است.

شکل (۱) و (۲) وزن خرده های اندازه گیری شده و تراکم حجمی خرده ها در دالیز چاه را نسبت به دما بدون تزریق گاز نشان می دهد: نرخ جریان مایع  $100 \text{ GPM}$  معادل  $(0.38 \text{ m}^3/\text{min})$  و  $GLR = 0$  است. وقتی که دما از  $80^\circ \text{ F}$  به  $170^\circ \text{ F}$  ( $27^\circ \text{ C}$  به  $77^\circ \text{ C}$ ) افزایش داده شود، وزن خرده های اندازه گیری شده در دالیز چاه از  $352 \text{ Lbm}$  به  $476 \text{ Lbm}$  ( $160 \text{ kg}$  به  $216 \text{ kg}$ ) افزایش می یابد. بر این اساس تراکم حجمی از  $27\%$  به  $36\%$  افزایش می یابد.

شکل (۳) و (۴) وزن خرده های اندازه گیری شده و تراکم حجمی خرده ها در دالیز چاه را نسبت به دما با تزریق گاز نشان می دهد. نرخ جریان آب و نسبت گاز - مایع در این مورد  $100 \text{ GPM}$  معادل  $[0.38 \text{ m}^3/\text{min}]$ ،  $0.38$  است. وقتی که دما از  $80$  به  $170$  درجه فارنهایت ( $27$  به  $77$  درجه سانتیگراد) افزایش داده شود، وزن خرده های اندازه گیری شده در دالیز چاه از  $294 \text{ Lbm}$  به

آزمایشات یک طرح الگوی جریان برای حرکت جامدات در یک لوله بطوریکه تابعی از سرعت های پایین گاز و مایع باشد ارائه نمودند. Walker و Li، با بررسی آزمایشات و توسعه یک برنامه کامپیوتری برای پیش بینی انتقال خرده ها در جریان های چند فاز (گاز - مایع - جامدات) پرداختند. نتایج نشان داد که جزء حجمی فاز مایع هنگامی که حفاری با سیالات هوازده صورت می پذیرد تاثیر اشکاری بر انتقال خرده ها دارد. بنابراین نرخ جریان مایع اثر بیشتری بر انتقال خرده ها نسبت به نرخ جریان گاز دارد.

Sharma و Kamp یک مدل پایدار برای جریان های سه فاز (گاز - مایع - جامد) در لوله ها ارائه نمودند. این مدل برای محاسبه نمودن امکان تزریق سیلان های مجزا از گاز، هیدروکربن مایع و آب به درون جریان استفاده می شود. فاز مایع می تواند شامل مخلوط سیالات نیوتونی و غیر نیوتونی باشد. گاز می تواند در یک حالت آزاد وجود داشته باشد بطوریکه به خوبی در فاز مایع حل شود. برای فاز جامد فرض بر این است که بطور کامل در مخلوط جریان چند فاز (گاز - مایع - جامد) معلق است. این فرضیات در مدل برای تصحیح شبیه ساز سازند و دینامیک بستر خرده ها نادیده گرفته شده است و یک مخلوط همگن برای جریان در مقاطع رشته حفاری و فضای دالیزی فرض شده است.

Vieira، یک مطالعه را بر روی انتقال خرده ها در فضای دالیزی با شیب بالا و افقی با استفاده از سیالات هوازده بررسی کرد. آزمایشات در یک میدان منحصرفرد در مقیاس حلقه جریانی فشار پایین که دارای  $(4/5 \times 8)$  اینچ و  $90$  فوت طول در حالت افقی و  $80$  درجه از حالت عمود انجام گرفت. که سه فاز با ترکیب نرخ های جریان حجمی متفاوت به درون مقطع تست تزریق شده و افت فشار، فشار دالیزی، دما و تراکم خرده ها در هر آزمایش ثبت گردیده و بطور معمول ضخامت بستر خرده ها در طول مقطع تست اندازه گیری شد. بر اساس پراکندگی ذرات خرده ها در دالیز، جریان ها را به درون سه دسته الگوی مختلف دسته بندی نموده و اثرات نرخ های جریان مایع و گاز، نرخ حفاری، زاویه شیب، افت فشار و الگوهای جریان بر انتقال خرده ها را آنالیز کردند.

Oikawa و Naganama یک مطالعه آزمایشی بر روی انتقال خرده ها در حفاری با گل هوازده را با استفاده از یک حلقه جریان در مقیاس میدانی که شامل  $(5 \text{ in} \times 30 \text{ ft})$  طول می باشد را بررسی کردند. آنها با استفاده از نتایج آزمایش، عملکرد انتقال خرده ها در یک دالیز شیب دار را ارزیابی نموده و به این نتیجه رسیدند که تزریق هوا بطور آشکارا نرخ جریان مایع بحرانی را کاهش داده و بازدهی انتقال خرده ها در یک دالیز گریز از مرکز با شیب خیلی بالا در یک نمونه افقی در مقطعی که مقدار سرعت دالیزی بالاتر از مقدار مورد نیاز برای بازدهی انتقال خرده هاست بهتر می نماید.

Pereira یک مطالعه آزمایشگاهی از تمییز نمودن حفره با استفاده از سیالات هوازده را در حفرات با زوایای شیب متوسط

[0/38 و 0/45 m<sup>3</sup>/min] است.

منحنی های حداکثر تراکم خرده ها در شکل (۱۱) و (۱۲)، هم شکل نیستند. اگر چه، آنها نشان می دهند که دما اثرات منفی بر روی انتقال خرده ها در بیشتر موارد دارد. بطور نسبی، همچنان ازدیاد انتقال خرده های کوچکتر، در برخی موارد مشاهده شده است.

### ۳-نتایج

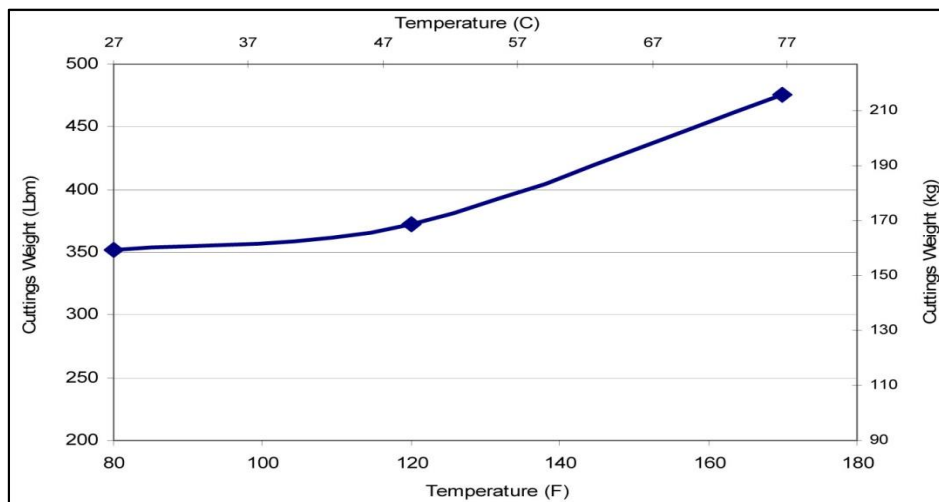
۱. نتایج آزمایشات نشان می دهد که الگوهای جریان دوفازی می توانند تحت تاثیر دما باشند .
۲. الگوی جریان از لایه ای آرام به جریان لایه ای موجی وقتی که دما از ۸۰ به ۱۴۰F تغییر می کند اتفاق می افتد .
۳. اثرات دما بر جریان های گل هوازده می تواند بطور عمده ای بر ویسکوزیته و کشش سطحی از فاز مایع اثرگذار باشد .
۴. نتایج آزمایشگاه نشان می دهد که هرچه دما افزایش یابد ، افت فشار اصطکاکی کاهش می یابد .
۵. دما به طور محسوس بر بازدهی انتقال خرده ها و افت فشار اصطکاکی مؤثر است.

۴۳۹ (۱۳۳ به ۱۹۹ کیلوگرم) تغییر می کند. بر این اساس تراکم حجمی از ۲۲٪ به ۳۳٪ تغییر می نماید.

در نرخ جریان بالاتر از (۱۲۰ gal/min) معادل (۰/۴۵ m<sup>3</sup>/min) آب، نتایج یکسانی مشاهده شده است. شکل (۵) و شکل (۶) تراکم حجمی خرده های اندازه گیری شده در دالیز چاه را نسبت به دما با نسبت گاز مایع معادل ۰/۲۴ و ۰/۳۸ نشان می دهد. این نشان دهنده آن است که دما یک اثر مشهود بر روی انتقال خرده ها دارد. برای مثال، تغییر دما از ۸۰ به ۱۷۰ [۲۷] C تا [۷۷] F نهایتاً باعث افزایش تراکم خرده ها حدود ۵۶٪ می شود.

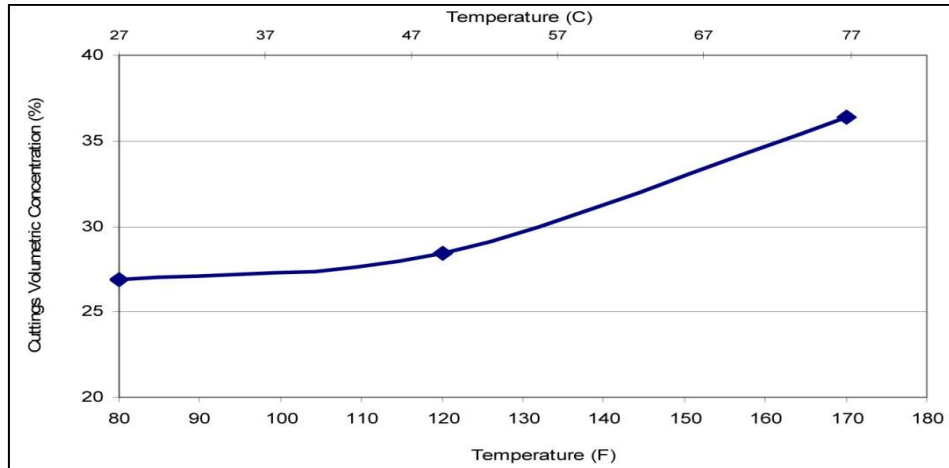
بیشتر نتایج تست ها، افزایش تراکم خرده ها با افزایش دما را نشان می دهد. که بدین معنی است که افزایش دما یک اثر منفی بر روی انتقال خرده ها در بیشتر موارد دارد. البته، در بعضی مثال ها، دما یک اثر مثبت اندک بر روی انتقال خرده ها، بصورتی که در شکل (۷) و (۸) نشان داده شده است نشان می دهد تغییرات دما از ۸۰ تا ۱۷۰ [۲۷] F تا [۷۷] C در این موارد، حدود ۲۰٪ کاهش تراکم خرده ها را نتیجه داده است، که دلیل آن می تواند تغییر الگوی جریان از لایه ای به لخته ای باشد .

شکل (۹) و (۱۰)، تراکم حجمی خرده های اندازه گیری شده در دالیز چاه را نسبت به دما در نسبت گاز مایع متفاوت نشان می دهد. بر این اساس نرخ های جریان آب به ترتیب ۱۰۰ و ۱۲۰ gal/min

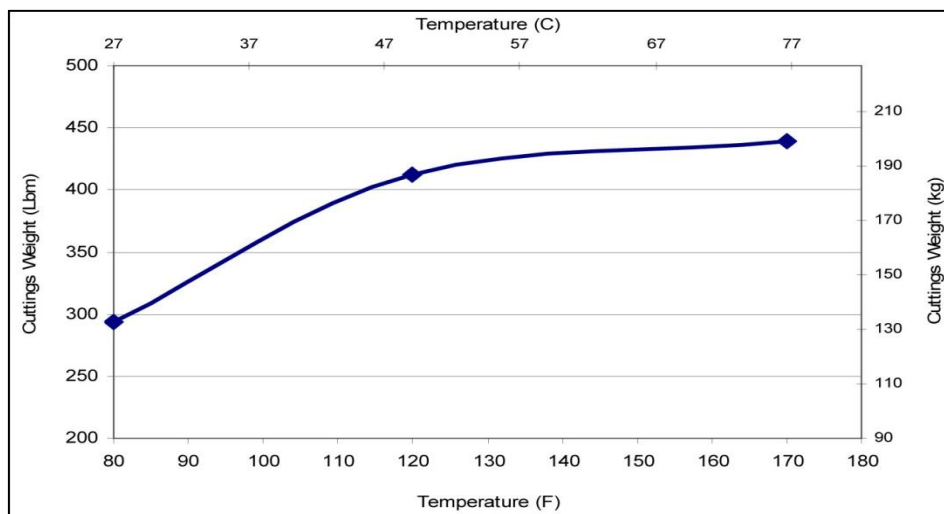


شکل (۱) وزن خرده ها نسبت به دما ( $Q_L = 100 \text{ gal/min}$  [ $0.38 \text{ m}^3/\text{min}$ ],  $GLR = 0$ )

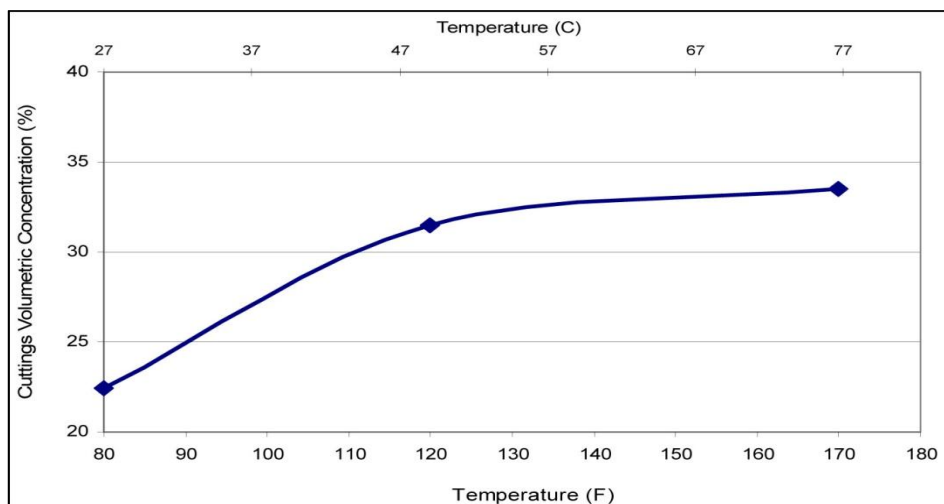
دومین همایش بین المللی نفت، گاز و پتروشیمی، 27 آذر ماه ۱۳۹۳، تهران، ایران



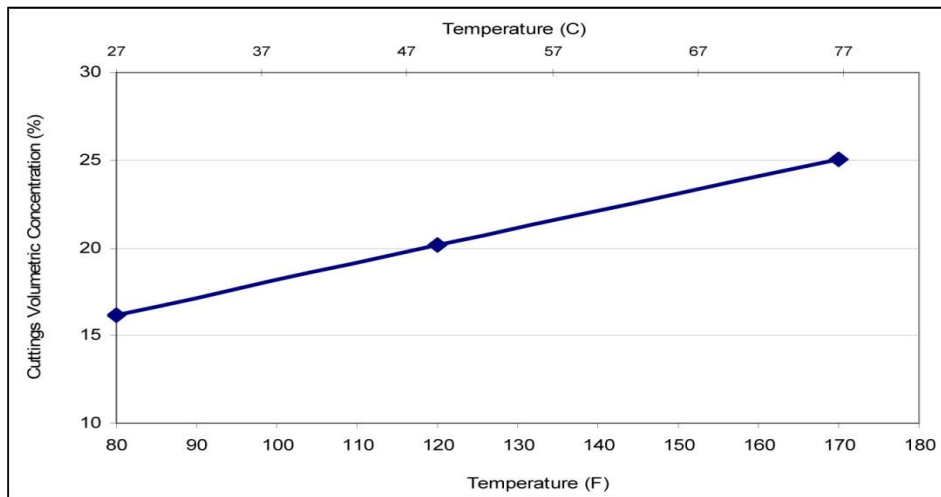
شکل (۲) تراکم حجمی خرده ها نسبت به دما ( $Q_L=100 \text{ gal/min}$ ,  $[0.38 \text{ m}^3/\text{min}]$ ,  $GLR=0$ )



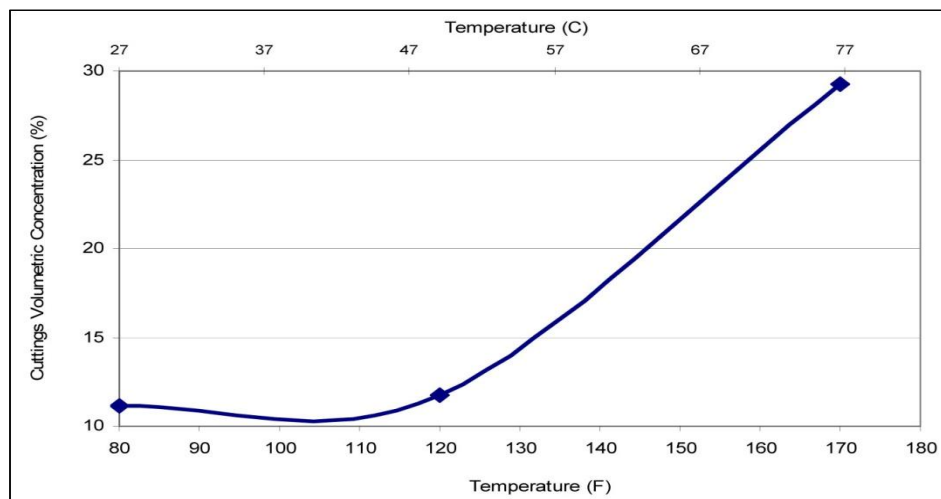
شکل (۳) وزن خرده ها نسبت به دما ( $Q_L=100 \text{ gal/min}$   $[0.38 \text{ m}^3/\text{min}]$ ,  $GLR=0.38$ )



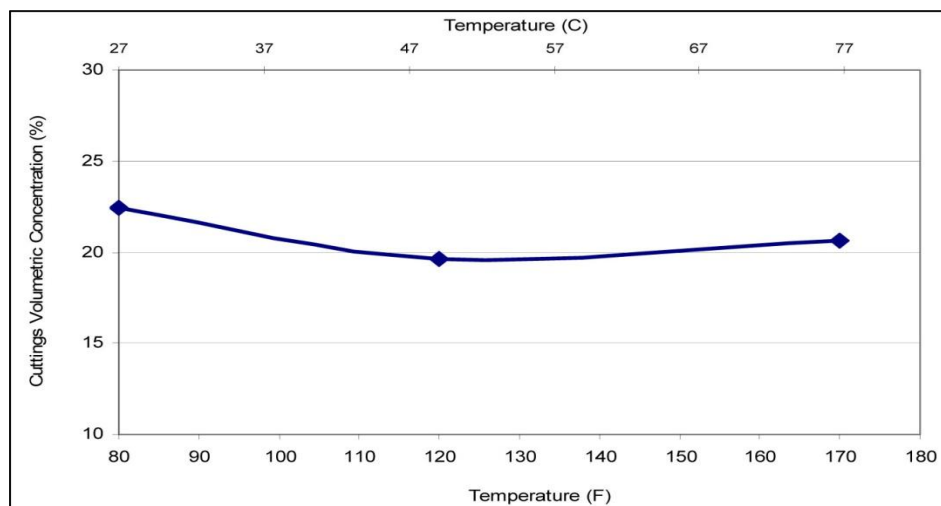
شکل (۴) تراکم حجمی خرده ها نسبت به دما ( $Q_L=100 \text{ gal/min}$   $[0.38 \text{ m}^3/\text{min}]$ ,  $GLR=0.38$ )



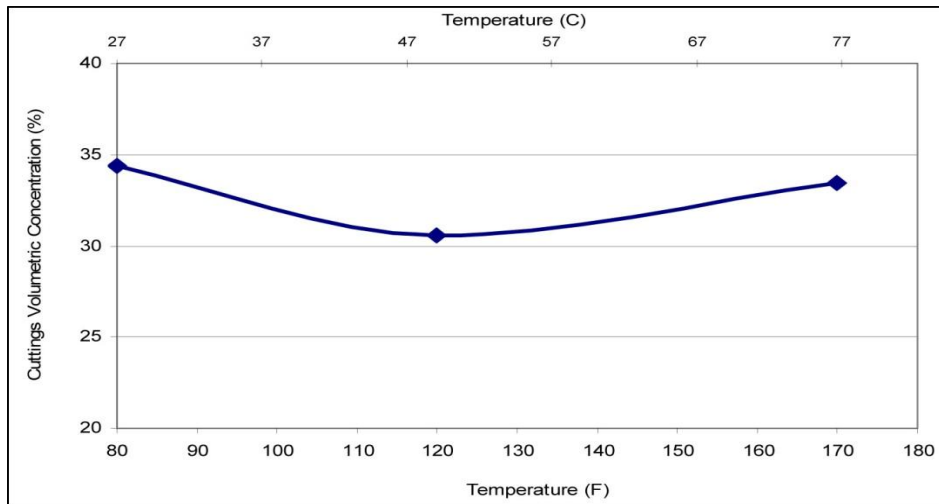
شکل (۵) تراکم حجمی خرده ها نسبت به دما ( $Q_L = 120 \text{ gal/min [0.45 m}^3/\text{min]$ ,  $GLR = 0.24$ )



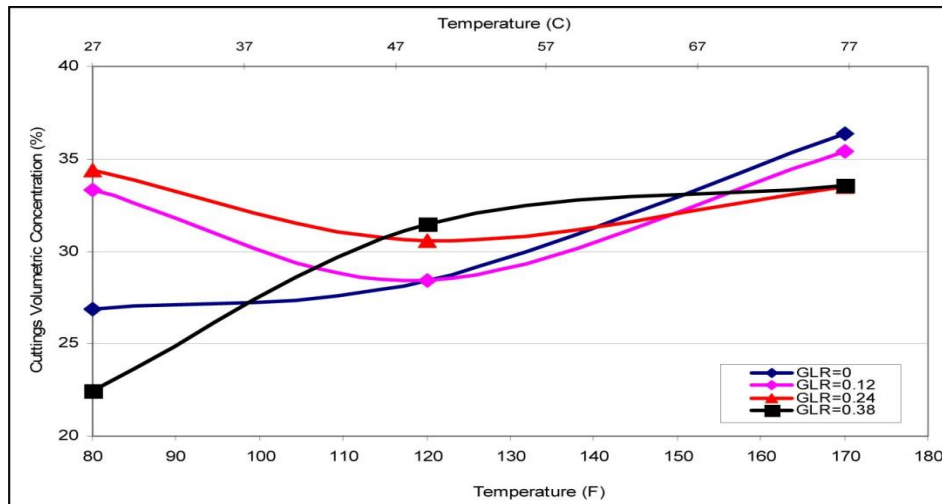
شکل (۶) تراکم حجمی خرده ها نسبت به دما ( $Q_L = 120 \text{ gal/min [0.45 m}^3/\text{min]$ ,  $GLR = 0.38$ )



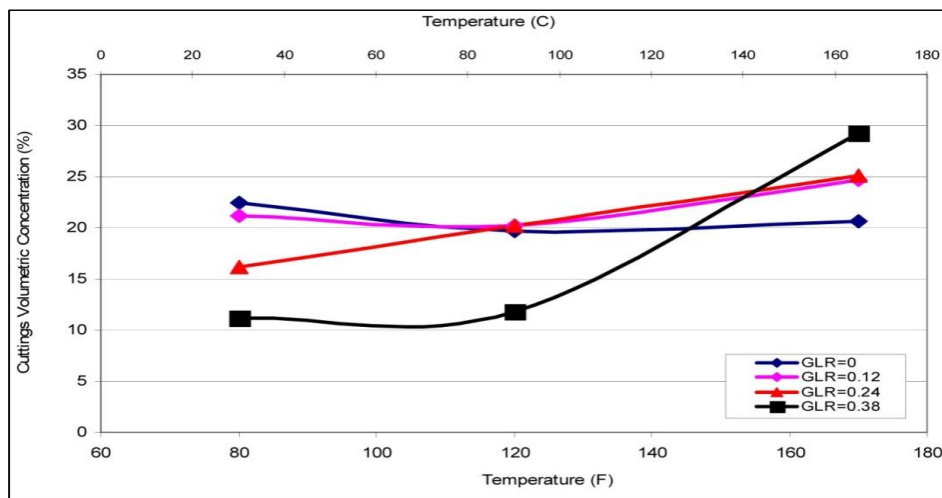
شکل (۷) تراکم حجمی خرده ها نسبت به دما ( $Q_L = 120 \text{ gal/min [0.45 m}^3/\text{min]$ ,  $GLR = 0.52$ )



شکل (۸) تراکم حجمی خرده ها نسبت به دما ( $Q_L = 100 \text{ gal/min}$  [ $0.45 \text{ m}^3/\text{min}$ ],  $GLR = 0.24$ )



شکل (۹) تراکم حجمی خرده ها نسبت به دما ( $Q_L = 100 \text{ gal/min}$ ) [ $0.38 \text{ m}^3/\text{min}$ ]



شکل (۱۰) تراکم حجمی خرده ها نسبت به دما ( $Q_L = 120 \text{ gal/min}$ ) [ $0.38 \text{ m}^3/\text{min}$ ]

جدول (۱) خلاصه ای از پژوهش و تحقیقات برای انتقال خرده ها

Reference	Pipe/ Annuli	Experimental Semi-Empirical Mechanistic	Vertical Inclined Horizontal	Conventional/ Aerated fluid	Ambient/ Elevated P,T
Pigott	A	SE	V	C	A
Williams, Bruce	A	SE	V	C	A
Zeidler	A	E+SE	V	C	A
Tomren	A	E+SE	I	C	A
Chien	A	SE	V	C	A
Clark and Bickham	A	M	H+I	C	A
Pilehvari	A	Reviews	H	C	A
Gavinet, Sobey	A	M	I	C	A
Doron, Barnea	P	E+M	H	C	A
Doron, Barnea	P	M	H+I	C	A
Nguyen, Rahman	A	M	H	C	A
Kamp and Rivero	A	M	H+I	C	A
Martin	A	M	I	C	A
Cho	A	M	H+I	C	A
Masuda, Doan	A	E+M	H	C	A
Ahmed	P	E+M	H	C	A
Barnea, Doron	P	E+M	H	A	A
Holte	P	E	H	A	A
Gillies	P	E	H	A	A
Tippetts	P	E	H	A	A
Li, Walker	A	E+SE	I	A	A
Sharma	P	M	H	A	A
Vieira	A	E	H	A	A
Naganama, Oikawa	A	E+SE	H	A	A
Pereira	A	E	I	A	A

جدول (۲): دماها و فشارها برای گروه آزمایشگاهی انتقال خرده ها

	Pressure (psi)	Temperature (° F)
Group #1	200	120
Group #2	185	80
Group #3	222	170
Group #4	500	175



دومین همایش بین المللی نفت، گاز و پتروشیمی، 27 آذر ماه 1393، تهران، ایران

جدول (3): نرخ های جریان هوا و آب برای گروه شماره (1) و انتقال خرده ها

T(F°)	120		120		120		120	
	Q <sub>g</sub> (SCFM)	Q <sub>L</sub> (GPM)	Q <sub>g</sub> (SCFM)	Q <sub>L</sub> (GPM)	Q <sub>g</sub> (SCFM)	Q <sub>L</sub> (GPM)	Q <sub>g</sub> (SCFM)	Q <sub>L</sub> (GPM)
200	0	80	0	100	0	120	0	150
	GLR=0		GLR=0		GLR=0		GLR=0	
200	17	80	21	100	24	120	33	150
	GLR=0.12		GLR=0.12		GLR=0.12		GLR=0.12	
200	39	80	49	100	62	120	78	150
	GLR=0.24		GLR=0.24		GLR=0.24		GLR=0.24	
200	76	80	95	100	120	120	150	150
	GLR=0.38		GLR=0.38		GLR=0.38		GLR=0.38	

جدول (4): نتایج تست برای آزمایشات انتقال خرده ها، گروه شماره (1) (T= 120 ° F, P= 200 psi)

Q <sub>L</sub>	Q <sub>G</sub>	GLR	V <sub>SG</sub>	V <sub>SL</sub>	DP3	Cuttings Weight	Cuttings Concentration
(gpm)	(scfm)		(ft/s)	(ft/s)	(inch H <sub>2</sub> O)	(Lb)	(%)
80	0	0	0	1.56	36.3	550	42.02
80	17	0.12	0.22	1.56	33.3	500	38.20
80	39	0.24	0.47	1.56	38.48	534	40.80
80	76	0.38	0.93	1.56	39.84	555	42.40
100	0	0	0	1.95	40.38	372	28.42
100	21	0.12	0.25	1.95	39.72	372	28.42
100	49	0.24	0.6	1.95	40.36	400	30.56
100	95	0.38	1.2	1.95	35.42	412	31.48
120	0	0	0	2.34	37.75	257	19.63
120	24	0.12	0.3	2.34	40.69	264	20.17
120	62	0.24	0.74	2.34	42.48	336	25.67
120	120	0.38	1.43	2.34	40.18	154	11.77
150	0	0	0	2.93	33.5	133	10.16
150	33	0.12	0.4	2.93	30.06	113	8.63
150	78	0.24	0.93	2.93	28.95	85	6.49
150	150	0.38	1.8	2.93	25.33	70	5.35

۴- تقدیر و تشکر

نویسندگان از شرکت ملی نفت ایران (NIOC) و شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب (NISOC) بابت کمک ها و حمایت مالی تشکر میکنند.

- [۸] Sharma, Y., Kamp, A., Yonezawa, T., Rivero, M., Kobayashi, A. and Gonzalez, J.: □ □ Simulating Aerated Drilling, □ □ paper SPE-59424, presented at the SPE Asia Pacific Conference on Integrated Modeling for Asset Management held in Yokohama, Japan, April 25-26, 2000.
- [۹] Vieira, P.: ' ' Experimental Determination of Minimum Air and Water Flow Rates for Effective Cuttings Transport in High Angle and Horizontal Wells, □ □ M.S. Thesis, University of Tulsa, January, 2001.
- [۱۰] Naganama, S., Atsushi, O., Masuda, Y., Yonezawa, T., Hoshino, M., Acuna, P.: "Cuttings Transport in Directional and Horizontal Wells While Aerated Mud Drilling," paper SPE/IADC 77195, presented at IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology, held in Jakarta, Indonesia, September 9-11, 2002.
- [۱۱] Pereira, E.: ' ' Experimental Study of Hole Cleaning with an Aerated Fluid at Intermediate Hole Angles, □ □ M.S. Thesis, University of Tulsa, May 2003.
- [۱۲] Shoham O.: ' ' Mechanistic modeling of gas-liquid two-phase flow in pipes, □ □ The University of Tulsa, 2003.
- [۱] Oddie G., Shi H., Durlofsky L.J., Aziz K., Pfeffer B. and Holmes J. A.: □ □ Experimental study of two and three phase flows in large diameter inclined pipes, □ □ International Journal of Multiphase Flow 29(2003) 527-558, 2003.
- [۲] Abduvayt P., Manabe R. and Arihara N.: ' ' effects of pressure and pipe diameter on gas-liquid two-phase flow behavior in pipelines, □ □ SPE 84229, Society of Petroleum Engineering, 2003.
- [۳] Lage, A.C.V.M.; Rommetveit, R.; Time, R.W.: □ □ An Experimental and Theoretical Study of Two-Phase Flow in Horizontal or Slightly Deviated Fully Eccentric Annuli, □ □ SPE 62793, IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology held in Kuala Lumpur, Malaysia, 11-13 September 2000..
- [۴] Sunthakar. A.A.: ' ' Study of the Flow of Aerated Drilling Fluids in Annulus under Ambient Temperature and Pressure Conditions, □ □ Ms. Thesis, The University of Tulsa, 2002.
- [۵] Cho, H., Subhash, N. and Samuel, O.: □ □ A Three-segment Hydraulic Model for Cuttings Transport in Horizontal and Deviated Wells, □ □ paper SPE 63269, was presented at the 2000 SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Dallas, Texas, 1-4 October, 2000.
- [۶] Doan, Q., Oguztoreli, M., Masuda, Y., Yonezawa, T., Kobayashi, A. and Kamp, A.: □ □ Modeling of Transient Cuttings Transport in Unbalanced Drilling, □ □ IADC/SPE 62742, presented at the 2000 IADC/SPE Asia Pacific drilling technology held in Kuala Lumpur, Malaysia September 11-13, 2000.
- [۷] Ahmad, R.: ' ' Mathematical Modeling and Experimental Investigation on Solids and Cuttings Transport, □ □ Norwegian University of Science and Technology, Ph.D. thesis. Norway, June 2001.

#### ۴-مراجع