

УДК 622.24

А. А. Кожевников, д-р техн. наук¹; А. Ю. Дреус, канд. техн. наук²

¹ *Национальный горный университет, г. Днепропетровск, Украина*

² *Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, Украина*

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В АЛМАЗНЫХ БУРОВЫХ КОРОНКАХ ПРИ СТАЦИОНАРНОЙ И НЕСТАЦИОНАРНОЙ ПРОМЫВКЕ СКВАЖИНЫ

Приведен обзор исследований тепловых процессов на забое бурящейся скважины. Представлены температурные поля в буровых коронках в виде функции технологических параметров: забойной мощности и расхода промывочной жидкости. По результатам исследований можно определить ресурсосберегающие режимы бурения для стационарного и нестационарного режимов промывки.

Ключевые слова: алмазные буровые коронки, температурные режимы.

Введение

В настоящее время разрабатываются новые технологии бурения с импульсной промывкой скважины [1;2]. Такой подход, как показано в [3], позволяет повысить эффективность разрушения горной породы. Однако в условиях нестационарной подачи промывочной жидкости значительно усложняется тепловой режим работы инструмента, что может привести к перегреву и «прижогу» коронки.

Для обеспечения ресурсосберегающей технологии необходимо так выбирать параметры технологического процесса, чтобы температура рабочей поверхности не превышала критической. Вместе с тем, колебания температуры на забое вследствие нагрева от теплоты трения и охлаждения промывочной жидкостью, могут способствовать развитию термомеханических напряжений в породе и ее разрушению [4]. Таким образом, возникает необходимость в поиске рациональных режимных параметров (забойная мощность, расход промывочной жидкости). В этом случае одним из эффективных инструментов исследования является математическое моделирование.

Целью настоящей работы является обобщение опыта авторов по развитию теоретических исследований тепловых полей в алмазных буровых коронках для стационарных и нестационарных режимов промывки скважины.

Исследования стационарных режимов бурения

Теплообмен при бурении изучали многие исследователи [5; 6]. Однако единого мнения относительно теплофизических процессов, протекающих на забое скважины, не существует. Следует заметить, что экспериментальное исследование теплофизических процессов при бурении связано с объективными трудностями технического характера и значительными материальными затратами. Результаты лабораторных исследований теплофизических процессов при бурении импрегнированными алмазными коронками приведены в [7–9]. Отметим, что экспериментальные результаты зачастую ограничены условиями конкретного опыта и не допускают обобщения на более широкий диапазон исходных данных. Теоретические модели температурных режимов для алмазных буровых долот разработаны на высоком уровне в работах [10; 11]. Однако в силу ряда технологических и конструктивных различий такие модели невозможно непосредственно использовать для расчета алмазных буровых коронок.

Большинство аналитических моделей, описывающих теплофизические процессы при бурении алмазными коронками, не учитывают многих факторов и часто приводят к результатам, которые значительно отличающимся от экспериментальных данных. Одной из наиболее продуктивных моделей процесса нагрева и охлаждения алмазной буровой коронки явилась предложенная в [12] и получившая развитие в [13; 14]. Согласно этой модели контактную температуру можно представить в виде линейной зависимости от затрачиваемой на забое мощности

$$t_a = k_o k_p N + \frac{k_p N}{Qc_p} + \sigma H + t_0, \quad (1)$$

где k_o – интенсивность теплообмена; k_p – коэффициент распределения тепловых потоков между породой и инструментом; Q – массовый расход промывочной жидкости (кг/с); c_p – изобарная теплоемкость промывочной жидкости (Дж/кг·°С); H – текущая глубина скважины (м); σ – функция термодиффузионного коэффициента (°С/м), t_0 – температура пород у поверхности (°С).

Входящий в (1) параметр k_o , отображает конструктивные особенности коронки и теплообмен между коронкой и промывочной жидкостью. Конкретный вид k_o определяется математической моделью и системой принятых допущений. Факторы, влияющие на значение этого коэффициента, проанализированы в [15; 16], где приведено выражение, рекомендуемое для практических расчетов. Вопросы, связанные с определением теплоотдачи буровой коронки, рассмотрены в работах [17; 18].

Параметр k_p определяет долю от общего количества генерируемой теплоты трения поглощаемой инструментом. Обоснованию значения данного коэффициента посвящены работы [19; 20]. Таким образом, выполненные исследования позволили развить теорию нагрева алмазных буровых коронок и повысить физическую адекватность моделирования тепловых полей при бурении.

К основным параметрам, определяющим температурный режим инструмента, относятся забойная мощность и расход промывочной жидкости. Функция температуры в виде поверхности отклика от двух указанных режимных параметров для коронки диаметром 76 мм с шестью промывочными каналами шириной 4 мм показана на рис. 1.

Для практического использования удобнее диаграмма, представленная на рис. 2. Такая диаграмма позволяет определить предельно допустимые относительно обеспечения ресурсосберегающего режима технологические параметры.

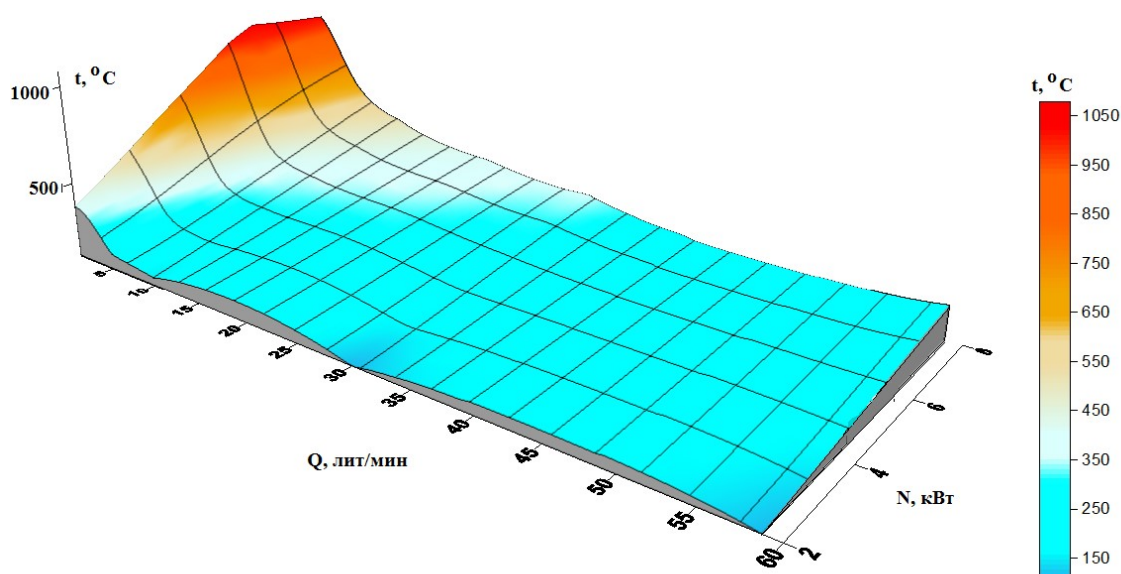


Рис. 1. Температура в виде поверхности отклика от расхода промывочной жидкости и забойной мощности

По данным разных исследований критической температурой для алмазного породоразрушающего инструмента является 600 °С.

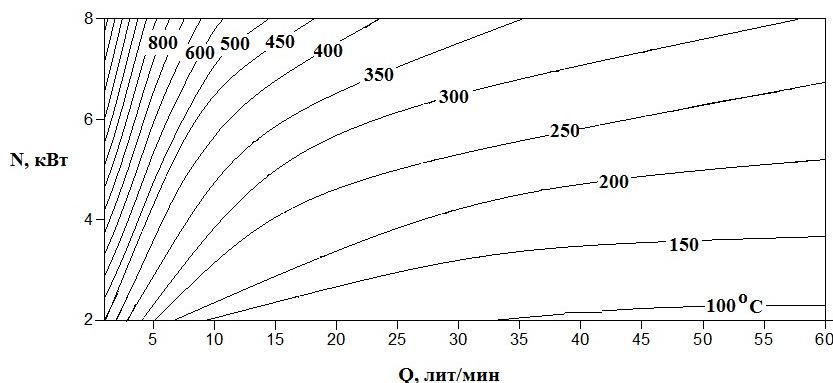


Рис. 2. Диаграмма температуры как функция режимных параметров для коронки диаметром 76 мм

Как следует из данных на рис. 1 и 2, при расходе более 15 л/мин удастся сохранить температурный режим в пределах докритического. В то же время при небольшом расходе контактная температура резко возрастает, что является причиной перехода бурения в критический режим с повышенным износом коронки и энергопотреблением.

Исследование режимов бурения с импульсной промывкой скважины

Постановка и решение задачи теплообмена при импульсной промывке намного сложнее, чем

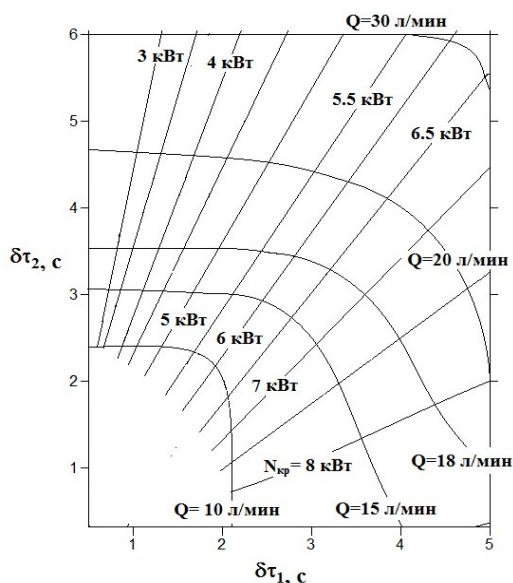


Рис. 3. Номограмма по определению режимных параметров бурения с импульсной промывкой коронкой диаметром 76 мм

при стационарной. Температура является функцией большого количества переменных, таких как забойная мощность, расход промывочной жидкости, временные интервалы паузы и подачи промывочной жидкости, геометрические характеристики и др. В общем случае получить аналитическое решение задачи не удастся. Исследование данной проблемы с помощью численных методов выполнено в [21; 22]. Понятие критической мощности $N_{кр}$, как одной из основных теплоэнергетических характеристик алмазного бурения раскрыто в [13]. Так, под $N_{кр}$ следует понимать предельную допустимую забойную мощность, при которой контактная температура не превышает критического значения.

Номограмма, полученная по результатам многочисленных вычислительных экспериментов, позволяющая определить критическую мощность при заданном расходе Q и интервалах подачи $\delta\tau_1$ и паузы $\delta\tau_2$ промывочной жидкости, показана на рис. 3.

Отметим, что при уменьшении интервала подачи промывочной жидкости до 2 с и менее не обеспечивается нормальный температурный режим.

Выводы

1. Приведен краткий обзор исследований, выполненных в последние годы, в области теплофизики бурения геологоразведочных скважин алмазными коронками.
2. Усовершенствована и обоснована математическая модель процессов нагрева и охлаждения алмазной буровой коронки. Разработаны алгоритмы и методики численного исследования температурных полей в алмазных коронках при бурении в условиях как стационарной, так и импульсной подачи промывочной жидкости.
3. Исследованы временные интервалы характеристики импульсной подачи промывочной жидкости, позволяющие создать эффективное термоциклирование на забое скважины, одновременно обеспечивая режимы работы, при которых бурение не переходит в критический режим с повышенным энергопотреблением и ускоренным расходом ресурса коронки.

There is review of investigations of thermal processes on the working face of drilling wells in the present paper. The temperature fields in rock cutting instrument as a function on technological parameters: capacity and flow rate, are present. The results allow to determine a resource safe mode of drilling for stationary and nonstationary washing regimes.

Key words: diamond drill bits, temperature regime.

В представленій статі приведено огляд досліджень теплових процесів на забої свердловини, яку бурять. Подано температурні поля в бурових коронках у вигляді функції технологічних параметрів: забойної потужності та витрат промивної рідини. За результатами досліджень можна визначити ресурсозберігаючі режими буріння для стаціонарного та нестаціонарного режимів промивки.

Ключові слова: алмазні бурові коронки, температурні режими.

Литература

1. Бессонов Ю. Д., Давиденко А. Н., Сирик В. Ф. Бурение геологоразведочных скважин с приложением импульсов промывочной жидкости // Бурение скважин в осложненных условиях, Донецк, 1996. – С. 8–9.
2. Kozhevnikov A. Impulse technologies of borehole drilling – technologies of XXI century // Progressive technologies of coal, coalbed methane, and ores mining – Taylor&Francis Group UK, 2014. – P. 175–181.
3. Филимоненко Н.Т. Основные научные положения, полученные в результате развития теории и совершенствования технологии, параметров и средств призабойной пульсирующей промывки скважин // Бурение скважин в осложненных условиях, Донецк, 1996. – С.89–91.
4. Бродов Г. С. Основы термомеханического колонкового бурения. – СПб.: ВИТР, 2001. – 55 с.
5. Проблема определения контактной температуры при бурении скважин. Обзор / А. Ю. Дреус, А. А. Кожевников, А. К. Судаков и др. // Наук. пр. ДонНТУ. Сер. «Гірничо-геологічна». – Вип. 2(21) – 2014. – С. 10–19.
6. Тепловой фактор при бурении скважин / А. А. Кожевников, С. В. Гошовский, А.Ю. Дреус, И. И. Мартыненко – К.: УкрГГРИ, 2008 – 166 с.
7. Синтетические алмазы в геологоразведочном бурении / Под ред. В. Н. Бакуля – К.: Наук. думка, 1978. – 232 с.
8. Кожевников А. А., Вырвинский П. П. Термомеханическое разрушение горных пород при разведочном бурении с генерирование тепловой энергии // Техника и технология геологоразведочных работ, организация производства: обзор ВНИИ ЭМС. – М., 1985. – 36 с.
9. Управление процессом бурения по характеру записи расхода мощности. / А. А. Бугаев, В. Н. Лившиц, О. И. Шерстюк и др. // Техника и технология геолого-разведочных работ; организация производства: сб. науч. тр. – М. : ВИЭМС, 1978. – 47 с.
10. Бондаренко Н. А., Жуковский А. Н., Мечник В. А. Температурное состояние алмазных буровых долот // Доп. НАН України. – 2006. – № 10. – С. 95–102.
11. Бондаренко М. О., Мечник В. А. Визначення теплових потоків при руйнуванні породи алмазними буровими вставками // Наук. вісн. Івано-Франківськ. нац. техн. ун-ту нафти і газу. – 2006. – № 1. – С. 47–49.
12. Кудряшов Б. Б., Оношко Ю. А. Нагрев и охлаждение алмазных коронок при бурении // Методика и техника разведки: сб. науч. тр. ВИТР. – 1964. – № 46.
13. Горшков Л. К., Гореликов В. Г. Температурные режимы алмазного бурения. – М.: Недра, 1992. – 173 с.
14. Кудряшов Б. Б.; Яковлев А. А. Анализ и расчет температурного поля в теле алмазной коронки // Записки Ленинград. горного ин-та им. Г. В. Плеханова – 1985 – Т. 105. – С.10–15.
15. Моделирование нагрева алмазной коронки при бурении скважины / А. А. Кожевников, А. Ю. Дреус, И. И. Мартыненко, Ю. А. Бакаржиев // Наук. пр. Донецьк. нац. техн. ун-у. Сер. «Гірничо-геологічна». – 2006. – Вип. 105.– С. 46–51.
16. Расчет показателя интенсивности теплообмена алмазной буровой коронки с промывочной средой при бурении скважины / А. А. Кожевников, А. Ю. Дреус, С. В. Гошовский, И. И. Мартыненко // Изв. вузов. Горн. журн. – 2007. – № 6. – С 85–88.
17. Термодинамика системы «инструмент–горная порода» при генерировании теплоты трения на контакте / А.А. Кожевников, Дреус А.Ю., С.В. Гошовский, И.И. Мартыненко // «Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения»: сб. науч. тр. вып. 12 – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2009. – С.108–113.
18. Дреус А. Ю. Экспериментальное исследование теплоотдачи вращающегося стержня при торцевом нагреве // Пром. теплотехника. – 2010. – Т. 32. – № 3. – С.18–24.

19. Дреус А. Ю., Кожевников А. А. Определение коэффициента распределения тепловых потоков на забое при бурении скважины // Вісн. нац. гірн. ун-ту. –2007. – № 8. – С 54–56.
20. Дреус А. Ю., Кожевников А. А., Чайка А. И. О моделировании процессов теплопереноса на забое при бурении скважины // Пром. теплотехника. – 2007. – Т. 29. – №3. – С.29–35.
21. Дреус А. Ю. Кожевников А. А., Мартыненко И. И. Исследование температурного режима алмазной коронки при импульсной промывке // Вісн. нац. гірн. ун-ту. – 2005. – № 12. – С.64–68.
22. Тепловое поле алмазной коронки при бурении с нестационарным режимом промывки скважины / А. А. Кожевников, С .В. Гошовский, А. Ю. Дреус, И. И. Мартыненко // Доп. НАН України. – 2007. – №2. – С. 62–67.

Поступила 17.06.15

УДК 622.24.053

О. О. Кожевников, д-р техн. наук, **Ю. Л. Кузін**, канд., техн., наук, **О. А. Лексіков**

Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», Україна

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КІЛЬКОСТІ ПРОМИВНОЇ РІДИНИ ТА ТОВЩИНИ СТІНКИ БУРИЛЬНОЇ ТРУБИ НА ВИТРАТИ НАПОРУ В КОМБІНОВАНІЙ БУРИЛЬНІЙ КОЛОНІ.

Представлены результаты теоретических исследований зависимости потерь напора в бурильных трубах с различной толщиной стенки с целью определения возможностей существующего бурового оборудования.

Ключевые слова: *толщина стенки бурильной трубы, потери напора, промывочная жидкость, параметры режима бурения.*

Вступ

Для підвищення осьового навантаження одним зі шляхів використання комбінованих колон, що складаються зі стандартних бурильних труб у верхній частині, а у нижній, стиснутій, із внутрішнім діаметром меншим, ніж у стандартних [1; 2].

Метою роботи є теоретично дослідити вплив кількості промивної рідини та товщини стінки на втрати тиску в комбінованій бурильній колоні.

При застосуванні комбінованої бурильної колони, яка зібрана з стандартних бурильних труб (СБТ) та обважнених бурильних труб (СБТО) з товщиною стінки більшою ніж у СБТ особливе значення для розрахунків втрат тиску промивної рідини мають втрати тиску у гладкій частині СБТО.

Для прикладу розглянемо бурильну колону, що складається з труб з зовнішнім діаметром 50 мм, у якій нижня частина має обважені бурильні труби з товщиною стінки 7,5; 9,5; 11,5; 13,5; 15,5; 17,5 та 19,5 мм. Зі збільшенням товщини стінки обважнених бурильних труб зменшується їх внутрішній діаметр.

Обчислювали тільки втрати тиску у гладкій частині обважнених бурильних труб як найсуттєвіших порівняно з втратами тиску у з'єднаннях.

Розрахунки здійснювали за таких параметрів колони, свердловини та промивної рідини:

Довжина бурильної колони $L = 1000$ м;

Витрати промивної рідини $Q = 60; 80; 100$ л/хв;

Густина промивної рідини $\gamma = 1000$ кг/м³;

Зовнішній діаметр бурильної труби $d_{\text{зн}} = 50$ мм;

Товщина стінки стандартної бурильної труби $\delta = 5,5$ мм;

Товщина стінки обважненої бурильної труби $\delta = 7,5; 9,5; 11,5; 13,5; 15,5; 17,5$ та 19,5 мм.

Втрати тиску у гладкій частині колони бурильних труб були обчислені за формулою [3]

$$P = 82,6 \cdot 10^{-7} \lambda \gamma Q^2 \frac{L}{d_B^5}, \text{ Па} \quad (1)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічних опорів при течії промивної рідини в бурильних трубах; d_B – внутрішній діаметр бурильних труб, м.