

При расчете и конструировании ССК-ЛБТ должны сохраняться:

- области применения комплексов ССК (бурение пород VII – X) категории по буримости);
- фактические максимально возможные диаметры скважин (ССК – 46 - 65 мм; ССК – 59 – 80 мм; ССК – 76 – 90 мм);
- осевые нагрузки на забой (ССК – 46 – 1200 даН, ССК – 59 – 1700 даН, ССК – 76 – 2200 даН);
- давление промывочной жидкости – до 100 кгс/см²;
- искривление ствола скважины не должно превышать на 1 м ствола (ССК – 46 - 17'; ССК – 59 – 15'; ССК – 76 – 11').

С учетом того, что диаметры бурильных труб, приведенные в ГОСТ «Трубы бурильные геологоразведочные, типы и основные параметры», не регламентируются [3], толщины их при расчете прочностных характеристик могут быть выбраны произвольно. В нашем случае значение δ , рис. 2 не должно превышать 7 – 8 мм, поскольку в противном случае увеличивается площадь породоразрушающего инструмента, уменьшается диаметр керна, снижается возможность эффективного бурения пород высоких категорий по буримости и требуется изменение геометрических размеров съемного керноприемника.

Таким образом, как показывают предварительные расчеты, применение ЛБТ в комплексах ССК, обеспечит приведенные ранее преимущества и прежде всего увеличит глубину бурения скважин не менее чем в 1,5 раза, сократит затраты времени на спускоподъемные операции на 18 – 35% при одновременном кратном снижении энергетических затрат.

Литература

1. Файн Г.М., Штамбург В.Ф., Данелянц С.М. Нефтяные трубы из легких сплавов. – М.: Недра, 1990. – 221 с.
2. Методы, технология и организация буровых работ с использованием съемного инструмента/ В.П. Онищин и др. – Л.: Недра, 1990. – 268 с.
3. Справочник по бурению геологоразведочных скважин. – СПб.: ООО «Недра», 2000. – 712 с.

Поступила 09.07.09

УДК 622.24.051

Н. А. Бондаренко, д-р техн. наук, **В. И. Куш**, д-р физ.-мат. наук, **А. О. Казьмин**

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ИЗУЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ОСНАЩЕНИЯ БУРОВЫХ ДОЛОТ

The paper subscribes an experimental investigation of a diamond boring insert temperature subject to factors of drilling mode. The paper contains plots of temperature against a pressure, type of formations and velocity.

Как известно, при бурении наблюдается сложный процесс взаимного разрушения бурового долота и породы [1]. При этом поверхность долота изнашивается очень неравномерно. Что в свою очередь, приводит к преждевременному выводу инструмента из эксплуатации. Подконтрольными факторами этого процесса являются параметры режима отработки – нагрузка на долото и скорость вращения. Особый интерес при анализе причин неравномер-

ного износа долота вызывают закономерности распределения приложенной к долоту нагрузки по его рабочей поверхности. Цель настоящей работы является исследование таких закономерностей. Поскольку выявить их прямым измерением представляется сложным, использован экспериментально-аналитический метод исследования, через определение температурного поля долота – интегрального показателя условий работы инструмента. Приведем результаты первого этапа работы – отработки единичных алмазных буровых вставок. Известны результаты экспериментального [2; 3] и теоретического [4] определения температур возникающих в инструменте в процессе работы. Проводились исследования направленные как на определение нагрева непосредственно в зоне контакта, где имеют место экстремально-высокие всплески температуры [2; 3], так и изучение распределения температуры внутри элементов оснащения [4; 5]. Однако систематизированные, коррелирующие между собой данные о взаимосвязи температуры нагрева с режимами отработки инструмента в литературе отсутствуют.

Цель настоящего этапа работы – получить достоверные данные о рабочих температурах, возникающих в процессе бурения алмазным долотом при различных режимах отработки. Температуры определялись экспериментально, в лабораторных условиях. Последующий анализ и математическая обработка результатов измерения, позволили получить результаты с достаточной для бурения пород точностью.

Оборудование и материалы

Для проведения эксперимента был доработан специальный испытательный стенд для изучения износа единичных элементов вооружения долот (рис. 1, а). На вращающемся валу устанавливался блок породы вырезанный в форме диска диаметром 150 мм и шириной 36 мм. Единичная алмазная вставка приводилась в контакт с породой (рис. 1, б), после чего производился износ пары трения в течение некоторого времени.



а



б

Рис.1. Испытательный стенд. а – общий вид, б – внешний вид блока трения

При этом выполнялось циклическое перемещение вставки по ширине диска, для предупреждения образования канавок на поверхности породы и как следствие изменения условий контакта. Как показали предварительные расчеты [5] температура в процессе разрушения скачкообразно возрастает до некоторого установившегося значения, после чего меняется незначительно. Таким образом, после выхода на режим время измерения не играет существенной роли и ограничено лишь задачей сохранения постоянства условий контакта. В среднем время измерения составляло от 90 до 150 с. Измерение температуры производилось с помощью термопары типа ТХА обеспечивающей точность до $\pm 0,1$ °С. Предварительно производилась тарировка термопар в трубчатой печи. Термопара размещалась внутри вставки на расстоянии $5 \pm 0,25$ мм от зоны контакта. Износ алмазоносной вставки в ходе эксперимента составлял 0,05-0,1 мм, что позволяет считать расстояние от королька термопары до источни-

ка тепла неизменным. Данные через измерительный преобразователь I7018 ICP DAS поступали на ЭВМ. Необходимые относительные скорости перемещения породы и вставки обеспечивались регулировкой тока возбуждения двигателя, а также подбором передаточного числа редуктора и диаметра блока породы. Размеры блока породы контролировались после каждого измерения измерительной скобой и разметочной линейкой с точностью $\pm 0,5$ мм. Перед каждым измерением поверхность породы выравнивалась вспомогательной алмазной вставкой. В процессе разрушения скорость вращения породы контролировалась бесконтактным цифровым тахометром «Эталон ЭП-5», что давало возможность учесть ее изменение и сопоставить его с регистрируемой температурой. Погрешность измерения составляла $\pm 0,1$ об/с, что в совокупности давало погрешность определения линейной скорости перемещения вставки $\pm 0,25$ м/с. Регулировка и поддержание нагрузки на вставку осуществлялись гидравликой. Подвод охлаждающего агента (техническая вода) в зону контакта осуществлялся из двух симметрично расположенных трубок с индивидуальными регулировочными вентилями, что обеспечило повторяемость условий охлаждения. Для проведения эксперимента были изготовлены буровые вставки из материала славутич с плоским торцом и с центральным глухим отверстием под термопару (рис. 2, а, б). При изготовлении использованы природные алмазы зернистостью 800/630, относительная концентрация 100 %. Вставки получали методом горячего прессования с последующей шлифовкой при стандартных для материала славутич технологических режимах, что обеспечивает идентичность свойств материала измерительной вставки и стандартных элементов вооружения буровых долот.

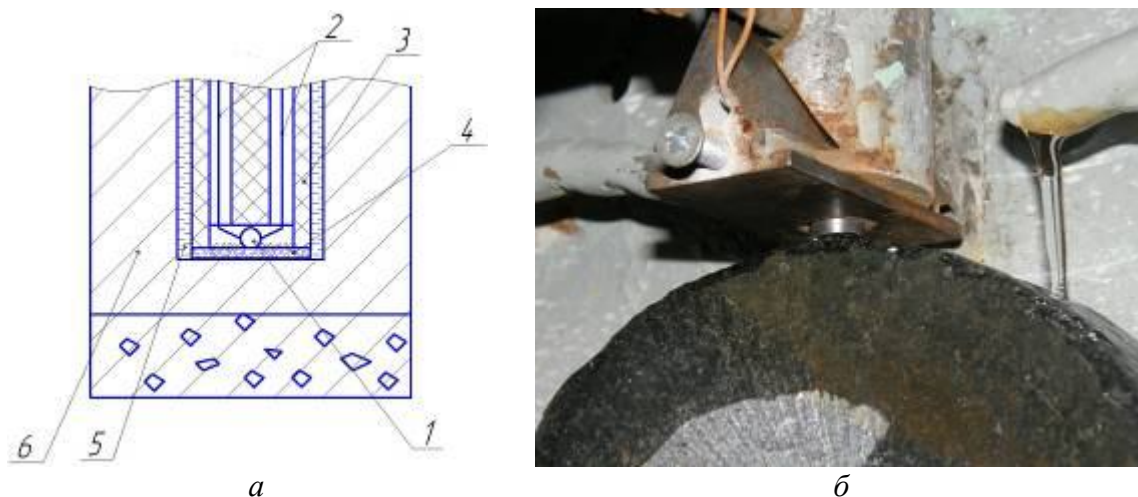


Рис. 2. Измерительная вставка: а – схема монтажа термопары, б – установка вставки с термопарой

Согласно предварительным расчетам температура в зоне размещения горячего спая термопары может достигать 60 °С. Для изоляции горячего спая 1 (рис. 2, а) и проводов 2 термопары, использовалась двухканальная керамическая соломинка 3. На торце соломинки под микроскопом алмазным надфилем вышлифовывали паз (рис. 3) для предохранения горячего спая термопары от механического повреждения. Паз и пространство под горячим спаем заполнялись изолирующим слоем 4, предохраняющим термопару от электрического контакта с дном отверстия. Слой формировался из смеси синтетических алмазов марки АС315/250 с техническим маслом. Такой состав обеспечивает достаточную электрическую изоляцию при сохранении хорошей теплопередачи. Для получения гидроизоляции и фиксации в отверстии пространство между соломинкой 3 и телом измерительной вставки 6 заполнялось силиконовым герметиком 5.

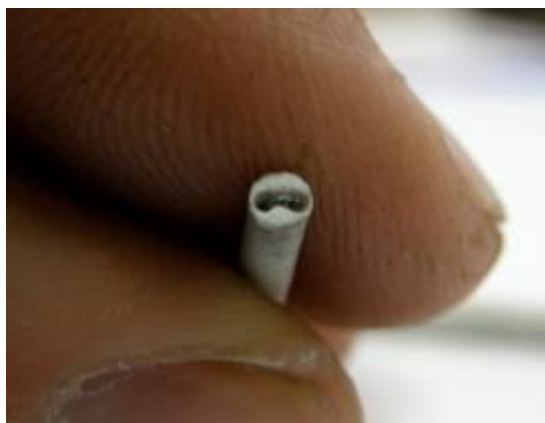


Рис. 3. Паз для предохранения королька термопары

Измерения производились при нагрузках от 300 до 700 Н на вставку, при скоростях взаимного перемещения породы и вставки от 0,30 до 2,5 м/с. Такие условия соответствуют работе долота типа ИСМ диаметром до 300 мм, при нагрузках на долото до 150кН. В эксперименте были использованы жежелевский гранит (образец 1) – твердый средней абразивности, габро (образец 2) – очень твердый малоабразивный, торезский песчанник (образец 3) – твердый высокой абразивности.

Предварительно было проведено несколько экспериментов на жежелевском граните, как наиболее неоднородной породе, показавших хорошую повторяемость данных (рис. 4).

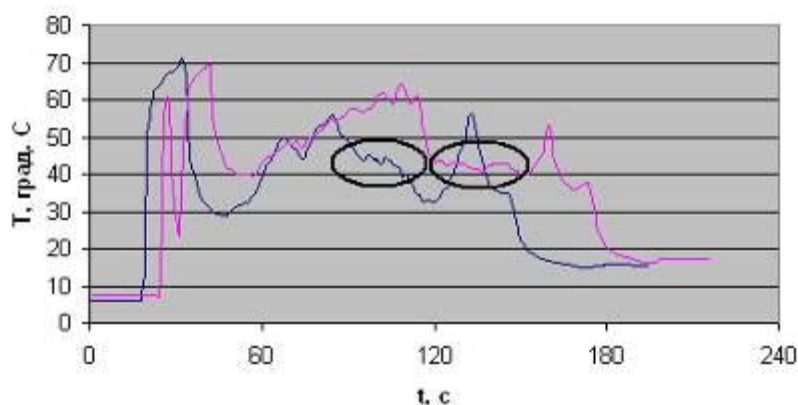


Рис.4. Результаты тестовых измерений

Всплески в начале и в средней части кривой измерения соответствуют моменту первичного контакта и приближения вставки к краю круга. Интерес представляет установившееся значение температуры. Регулировкой скорости и плавности перемещения вставки по ширине круга достигалось получение участков установившейся температуры, достаточных по длительности для съема данных (отмечены на рис. 4). Как видно из рисунка разброс температур на интересующих нас интервалах составляет всего 2 – 3 градуса, что вполне допустимо для условий эксперимента.

На рис.5 показана зависимость температуры от скорости движения вставки – $T(V)$, при различной нагрузке на вставку. Графики приведены для случая разрушении гранита (образец №1). На рисунке 6 показаны графики зависимости $T(V)$ для различных пород при нагрузке $P=300$ Н на вставку.

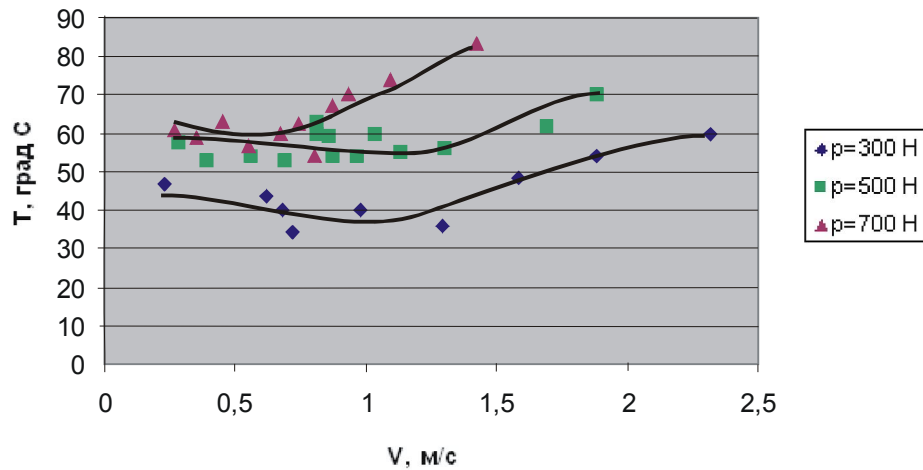


Рис. 5. Графики зависимости температуры от линейной скорости и нагрузки при разрушении гранита

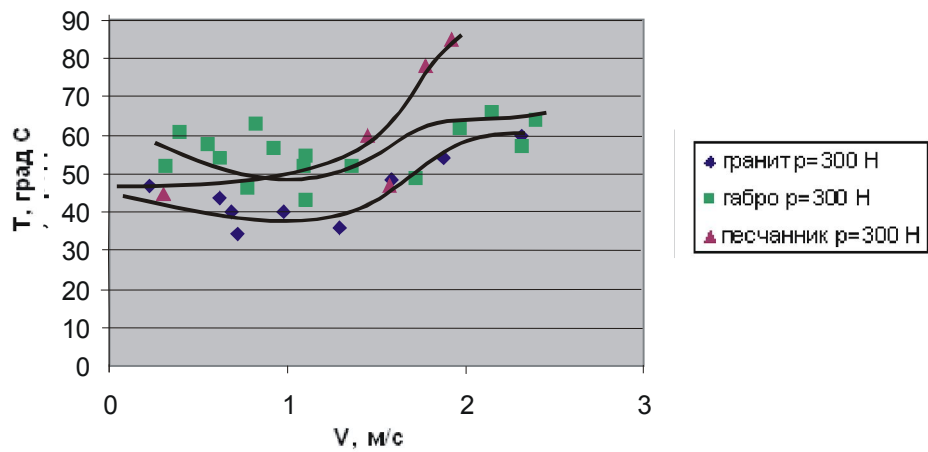


Рис. 6. Графики зависимости температуры от скорости для различных пород

Анализируя результаты измерения, приходим к выводу, что для каждой породы и прилагаемой нагрузки существует оптимальный режим отработки. При этом температура как интегральный параметр, отображающий условия в зоне контакта, снижается. При более сложных режимах работы (увеличении нагрузки и скорости перемещения) температура возрастает (края графика). Как и следовало ожидать при бурении более твердых и абразивных пород (образцы 2, 3) температура вставки возрастает. При этом для песчаника (образец 3) с увеличением скорости взаимного перемещения скорость роста температуры существенно больше, чем для гранита и габбро. Разброс экспериментальных точек объясняется непостоянством режима резания (контакт вставки с кварцевыми включениями и пр.). Заниженный расход промывочной жидкости, в ходе эксперимента позволил более четко увидеть характер изменения температуры породоразрушающего элемента. Однако полученные данные подтверждают результаты предварительных расчетов [5], что свидетельствует о правильности выбранной схемы эксперимента.

Выводы.

Получены экспериментальные зависимости температуры нагрева элементов вооружения алмазного долота от нагрузки и скорости перемещения для различных пород. Такие дан-

ные необходимы при проектировании режимов работы породоразрушающих долот и оценке износа их рабочей поверхности.

Значительный интерес представляет экспериментальное изучение распределения температуры между ансамблем вставок в цельном долоте. Сопоставление этих данных с полученными на первом этапе эксперимента позволит экспериментально-аналитическим путем оценить распределение нагрузки по поверхности работающего долота.

Также представляет интерес проведение измерений при других режимах промывки, что позволит более полно судить о температурном режиме работы долот типа ИСМ.

Литература

1. Эпштейн Е. Ф. Теория бурения-резания горных пород твердыми сплавами. – М.: Л.: ГОНТИ, 1939. – 180 с.
2. Арцимович Г. В., Лукаш В. А. Методика исследования износа твердых сплавов в условиях нормальных и повышенных температур. – Горный породоразрушающий инструмент. – К.; 1966 – С. 191 – 194.
3. Лукаш В. А., Ольчик О. Я. Измерение температуры в зоне контакта твердосплавного инструмента с породой// Горный породоразрушающий инструмент. К.; 1966 – С. 186-190.
4. Кошовский В.Ф. Расчет термонапряжения единичного породоразрушающего элемента // Буровой инструмент из сверхтвердых материалов. К.;– ИСМ НАН Украины, 1986. – С. 52 – 56.
5. Куц В. И., Казьмин А. О. Численный анализ силового контактного взаимодействия бурового долота с породой: Сб. научн. тр. – К.: ИСМ НАН Украины, 2007.– Вып. 10.– С. 86 – 88.

Поступила 09.07.09