

УДК 622.243.1

Л.А.Алексеев¹, Г.Г.Ишбаев², доктора технических наук

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа, Россия

²ООО „Буринтех“, г.Уфа, Россия

ОБ ЭНЕРГИИ НА ДОЛОТЕ И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ

The report considers energetic aspects of rock destruction tool work from the point of view of its construction, properties of cutter material, and drilling regime.

The ways of efficiency increasing of energy utilizing in cutting-shearing-tyre drillbits, prevention of catastrophic abrasion, and increasing the rate of penetration are shown.

Известно, что производительность труда (в том числе и при обработке материалов) зависит, прежде всего, от уровня удельной энергетической загрузки рабочих органов машин, механизмов и инструментов (например, обработка камня камнем человеком каменного века; обработка на станке твердосплавным или алмазным инструментом; обработка лазерным лучом).

В последние годы показатели работы долот, особенно режуще-скалывающего действия, существенно улучшились, а объемы их применения во многих регионах резко увеличились. Сегодня зачастую весь продуктивный пласт, боковой ствол, горизонтальный участок ствола, а порой, и вся скважина бурятся одним долблением. Что этому способствовало? Объяснить это только тем, что сопротивление горной породы разрушению скалыванием существенно меньше, чем вдавливанием, не представляется возможным, так, как это соотношение известно, давно, а практическая реализация по эффективности и объему ранее была незначительной.

Механическую скорость бурения V_m можно записать в виде

$$V_m = \frac{N}{F_3 \cdot A_y}, \text{ или } V_m = \frac{N_y^3}{A_y}, \text{ или } V_m = \frac{N_y^k \cdot S_k}{F_3 \cdot A_y},$$

где N – мощность, реализуемая на инструменте; F_3 – площадь горизонтальной проекции забоя; A_y – удельная энергоемкость разрушения породы; N_y^3 – удельная мощность забойная;

$N_y^3 = \frac{N}{F_3}$; N_y^k – удельная мощность контактная, $N_y^k = \frac{N}{S_k}$; S_k – площадь контакта резцов с породой.

Из изложенного следует, что механическая скорость (как показатель производительности труда) комплексно определяется свойствами горной породы и режимом ее разрушения (A_y), конструкцией инструмента и резцов (S_k), уровнем энергетической загрузки (N_y^3 и N_y^k), свойствами материала резцов, от которых зависит сохранность во времени S_k и предельные значения N_y^k .

Важно заметить, что из изложенного также следует вывод, что центрирование инструмента в скважине не только определяет траекторию его перемещения, но и влияет на механическую скорость за счет возможного отклонения диаметра скважины от диаметра долота (F_3).

Кроме того, возникают такие вопросы: как уменьшить A_y ; как увеличить N , N_y^3 , N_y^k и через какое соотношение нагрузка и окружной скорости, чем ограничены сверху энергетические параметры взаимодействия.

Энергетический подход к оценке условий работы и изнашивания инструментов, особенностей разрушения горной породы начал развиваться на кафедре бурения Уфимского нефтяного института в семидесятые годы прошлого века.

Согласно результатам первых выполненных исследований энергетического баланса процесса разрушения горной породы [1], практически независимо от типа долота (шарошечное, лопатное, алмазное) и параметров режима бурения около 92 - 96% реализованной на долоте энергии переходит в теплоту.

В последующем экспериментально был изучен температурный режим работы резцов, зубьев, элементов опоры инструментов и их износ [2;3]. При этом показано, что температура рабочих поверхностей пропорциональна реализуемой мощности, может достигать высоких значений и существенно влиять на скорость износа. Но температура зависит не только от реализуемой удельной мощности, но и от соотношения ее составляющих (нагрузка и частота вращения). Для одинаковой удельной мощности температура ниже при силовом режиме (большая нагрузка и низкая частота вращения), чем при скоростном (малая нагрузка и высокая частота вращения).

Также было показано, что для каждого соотношения горной породы и материала резцов выделяется значение критической мощности $N_{уд}^{кр}$ и критической температуры $T_{кр}$, при которых скорость износа резко увеличивается и является недопустимой.

Сказанное позволяет поставить и реализовать задачу для каждого конкретного случая в первом приближении рассчитать необходимую мощность на долоте и обосновать режим ее реализации (нагрузка, частота вращения, промывание) с позиций эффективного разрушения горной породы и предупреждения катастрофического износа инструментов из-за перегрева рабочих поверхностей резцов.

Известно множество формул для расчета температуры поверхностей трения инструментов, например формула Ф.П. Бодена [4], и др.

Принципиально важным в этих формулах является учет распределения тепловых потоков между телами взаимодействия и распределения энергии, реализуемой через долото (резец), в области взаимодействия (область реализации энергии). Если при трении правомерно принять, что вся энергия реализуется на поверхности взаимодействия тел, то при бурении (работе резца) это допущение будет глубоко ошибочным. Энергия через инструмент реализуется как на поверхностях контакта резцов с породой (трение), так и в объемно-деформируемом слое породы перед резцов.

Показатель энергетической эффективности реализации энергии

$$\eta = \frac{A_o - A_n}{A_o} \text{ или } \eta = \frac{A_{об}}{A_o},$$

где A_o – общая энергия взаимодействия на резце; A_n – энергия, реализованная на поверхностях контакта (трение); $A_{об}$ – энергия, реализованная в объеме (объемное разрушение или резание) породы.

Следует отметить, что температурный режим работы инструмента определяется не общей энергией взаимодействия, а лишь величиной A_n , реализованной на поверхности контакта (A_n).

Экспериментально установлено, что показатель η повышается, а удельная энергоемкость разрушения A_y уменьшается с увеличением проходки за оборот (толщины реза) и уменьшением площади поверхности контакта с сохранением остроты путем самозатачивания резцов с породой.

В этой связи существенно уточняется методика расчета температурного режима работы инструмента, а следовательно, и режима его работы, охлаждения и долговечности.

Кроме того, можно объяснить неоднозначность в оценке влияния смазывающих добавок в промывочную жидкость на показатели работы инструментов РСД.

На наш взгляд смазывающая добавка благотворна, при объемном взаимодействии, а не поверхностном.

Большинство особенностей реализации энергии на долотах режуще-скалывающего действия относится и к другим типам породоразрушающих инструментов, а также к фрезерному инструменту.

Литература.

1. Исследование энергетического баланса процесса разрушения горных пород. /М.Я. Беркович, А.И. Спивак, А.П. Корноногов и др.//– Нефть и Газ. – 1962.– № – 8.
2. Алексеев Л.А., Беркович М.Я. О температуре поверхности стали при трении по горной породе.// Нефть и Газ. – 1965.
3. Алексеев Л.А., Попов А.Н., Спивак А.И. Влияние мощности трения и её составляющих на износ стали при разрушении горных пород. Нефть и Газ. – 1968. – №3
4. Боуден Ф.П., Тейбор Д. Температура поверхности трущихся тел. //Трение и граничная смазка/ Под ред. Н.В. Крагельского. – М., 1953.
5. Алексеев Л.А., Алексеев Д.Л., Рафиков Р.М. Энергетические аспекты работы породоразрушающих и фрезерных инструментов при бурении и ремонте скважин // Мат. Междун. НКТ «Повышение качества строительства скважин». – Уфа, 2005.

Поступила 10.06.08