

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УДАРНОГО БУРЕНИЯ С ПОЗИЦИЙ ТЕОРИИ УПРУГИХ ВОЛН

Комиссаров А.П. (ФГБОУ ВПО УГТУ, г. Екатеринбург, Россия)

Abstract: In operation working process of boring machines of an impact action as process of forming of pressure waves of strains, their propagations and affecting on rock is reviewed. Indexs of working process are instituted by arguments of a surge of the strain which have driven in formation. Dependences for calculation of indexs of working process taking into account wave performances of members of percussion system and rock are erected.

Keywords: a churn drilling, pressure waves, indexs of working process.

I. Введение

При ударе двух тел кинетическая энергия соударяющегося тела преобразуется в потенциальную энергию упругих волн (волн деформаций), распространяющихся от места соударения в обе стороны. При этом результат удара (ударного воздействия) при ударном бурении определяется результатом взаимодействия породы и волны деформации, прошедшей в породу.

Выполненные волновые модели удара представлены в виде систем интегральных или дифференциальных уравнений, решение которых осуществляется с использованием численных методов.

Разработка метода расчета рабочего процесса буровой машины ударного действия с позиций теории упругих волн позволит оценить направления совершенствования машин.

II. Постановка задач исследования

Основными задачами исследования являются:

- определение параметров волн деформаций в зависимости от параметров ударного механизма и волновых характеристик материалов элементов ударной системы и горной породы;

- установление взаимосвязей между показателями рабочего процесса и параметрами волн деформаций.

III. Решение задач исследования

Метод решения задач основан на положениях теории удара и теории упругих волн.

Объект исследования – буровая машина с погружным ударным механизмом, ударная система которой состоит из ударника и породоразрушающего инструмента.

На начальном этапе определяются параметры ударного воздействия – ударные силы, ударный импульс и длительность удара.

Максимальное значение ударной силы, действующей при соударении ударника и породоразрушающего инструмента, составит [1]

$$F_{\text{уд}} = 0,5ESV_{\text{уд}}a^{-1}, \quad (1)$$

где E – модуль упругости материала ударника и инструмента; S – поперечное сечение ударника и инструмента; $V_{\text{уд}}$ – предударная скорость ударника; a – скорость распространения упругой волны в материале ударника и инструмента.

Приняты следующие допущения:

- ударник гидравлического ударного механизма имеет практически постоянное по длине поперечное сечение, так как отношение площадей поперечных сечений поршня и штока близко к единице и составляет 1,08...1,1 [2];

- приведенные площади поперечных сечений породоразрушающего инструмента (при замене полых участков сплошными) постоянны по длине и равны площади сечения ударника, т. е. $S_{уд} = S_{ин} = S$;

- материалы ударника и инструмента одинаковы, т. е. $E_{уд} = E_{ин} = E$.

При этом ударная сила постоянна по величине.

Ударный импульс в соответствии с теоремой количеств движения системы составит

$$И = К = m_{уд} V_{уд},$$

где $К$ – количество движения ударника; $m_{уд}$ – масса ударника.

Отсюда длительность удара равна

$$t_{уд} = \frac{m_{уд} V_{уд}}{F_{уд}}. \quad (2)$$

На следующем этапе определяются параметры первоначальной волны деформации.

Силы в первоначальной волне деформации, проходящей по ударнику и инструменту, равны по величине и составляют

$$F_{п.в.д} = F_{уд}.$$

Скорости колебания частиц материалов ударника и инструмента также равны по величине и составляют

$$V_{кол.уд} = V_{кол.ин} = \frac{F_{уд}}{C_{уд}}, \quad (3)$$

где $C_{уд} = R_{уд} S_{шт}$ – ударная жесткость ударника, характеризующая соотношение между силой, действующей в сечении, и скоростью колебания частиц материала в сечении; $S_{шт}$ – площадь сечения штока; $R_{уд} = a_{уд} \rho_{уд}$ – волновое сопротивление материала ударника; $\rho_{уд}$ – плотность материала ударника.

Преобразуя выражения (3) и (1), и учитывая, что $E = \rho a^2$, получим

$$V_{кол.уд} = 0,5V_{уд}. \quad (4)$$

Энергия первоначальной волны деформаций равна

$$A_{п.в.д} = P_{п.в.д} t_{п.в.д} = 0,5V_{уд}^2 C_{уд} l_{уд} a^{-1}, \quad (5)$$

где $P_{п.в.д} = F_{уд} V_{кол.уд}$ – мощность силы в первоначальной волне деформаций;

$t_{п.в.д} = \frac{2l_{уд}}{a}$ – длительность действия первоначальной волны деформации; $l_{уд}$ – длина ударника.

Этап воздействия первоначальной волны деформаций, проходящей по инструменту, на породу. При воздействии на породу первоначальная волна деформаций разделяется на две части: отраженную от породы и проходящую в породу.

Сила в волне деформаций, проходящей в породу, составит

$$F_{в.д.п} = \frac{F_{уд} 2C_{\Pi i}}{C_{уд} + C_{\Pi i}}, \quad (6)$$

где $C_{\Pi i} = R_{\Pi} S_{ki}$ – ударная жесткость (импеданс) i -го сечения инденторов; $R_{\Pi} = \rho_{\Pi} a_{\Pi}$ – волновое сопротивление породы; S_{ki} – суммарная площадь i -го сечения инденторов; ρ_{Π} – плотность породы; a_{Π} – скорость распространения упругой волны в породе.

При породоразрушающем инструменте с цилиндрическими инденторами (штырями) ударная жесткость породы постоянна по величине

$$C_{\Pi} = \text{const}.$$

Скорость колебания частиц породы составит

$$V_{\text{кол.п}} = \frac{F_{в.д.п}}{C_{\Pi}} = \frac{2V_{\text{кол.уд}} C_{уд}}{C_{уд} + C_{\Pi}}. \quad (7)$$

Энергия волны деформаций, прошедшей в породу, составит

$$A_{в.д.п} = F_{в.д.п} V_{\text{кол.п}} t_{п.в.д} = \frac{2V_{уд}^2 l_{уд} C_{уд}^2 C_{\Pi}}{a(C_{уд} + C_{\Pi})^2}. \quad (8)$$

На заключительном этапе определяются зависимости для расчета показателей рабочего процесса – скорости бурения, коэффициента передачи энергии удара в породу и энергоемкости бурения.

Предварительно определяется максимально возможное значение суммарной площади сечений инденторов из условия разрушения породы

$$F_{в.д.п} \geq S_{к \max} \sigma_{сж}, \quad (9)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности породы на сжатие.

После преобразований с учетом выражения (6) получим

$$S_{к \max} = \frac{2F_{уд}}{\sigma_{сж}} - \frac{C_{уд}}{R_{\Pi}}. \quad (10)$$

$$C_{\Pi \max} = S_{к \max} R_{\Pi}.$$

Основным показателем эффективности бурения является скорость бурения

$$V_{б} = nh_{\max},$$

где $n = Z / Z_{об}$ – частота вращения инструмента (бурового става); h_{max} – максимальное значение глубины внедрения инструмента; Z – частота ударов; $Z_{об} = \frac{\pi D^2}{4S_{к max}}$ – число ударов на один оборот инструмента; D – диаметр инструмента.

Максимальное значение глубины внедрения инструмента определяется скоростью колебания частиц породы и составит

$$h_{max} = V_{кол.п} t_{п.в.д} = \frac{2V_{уд} l_{уд} C_{уд}}{a(C_{уд} + C_{п max})}. \quad (11)$$

Скорость бурения составит

$$V_{б} = \frac{8ZV_{уд} l_{уд} C_{уд} C_{п max}}{\pi D^2 a(C_{уд} + C_{п max}) R_{п}}. \quad (12)$$

Коэффициент передачи энергии удара в породу равен

$$K_{п} = \frac{A_{в.д.п}}{A_{уд}} = \frac{4C_{уд}^2 l_{уд} C_{п max}}{am_{уд} (C_{уд} + C_{п max})^2}. \quad (13)$$

Энергоемкость бурения равна

$$a_{б} = \frac{aA_{уд} (C_{уд} + C_{п max}) R_{п}}{2V_{уд} C_{уд} l_{уд} C_{п max}}. \quad (14)$$

Таким образом, показатели рабочего процесса зависят от волновых характеристик элементов ударной системы и горной породы: скорости распространения упругой волны в материалах ударника, инструмента и породы; волнового сопротивления породы; ударных жесткостей поперечных сечений ударника, инструмента и породы (площадь поперечных сечений породы равна суммарной площади сечений инденторов).

Заключение

Для идеальной ударной системы, в которой ударные жесткости элементов ударной системы и горной породы постоянны по величине, установлены взаимозависимости между показателями ударного бурения и волновыми параметрами элементов ударной системы и горной породы.

Показано, что скорость бурения и коэффициент передачи энергии удара в породу практически прямо пропорциональны ударной жесткости породы.

Список литературы: 1. Иванов К. И., Андреев В. Д., Варич М. С., Дусев В. И. техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1974. 408 с. 2. Алимов О. Д., Манжосов В. К., Еремьянц В. Э. Удар. Распространение волн деформаций в ударных системах. М.: Наука, 1985. 367 с.