

Рассмотренные в работе вопросы позволяют разрабатывать достаточно подробные модели машин на шагающих движителях, модернизировать конструкции их опорных баз. В частности, исследование статической устойчивости показывает, что база кольцевой формы превосходит традиционную базу в форме круга.

Литература:

1. Волков Д.П. Динамика и прочность многоковшовых экскаваторов и отвалообразователей / Д.П. Волков, В.А. Черкасов. - М.: Машиностроение, 1969. - 408 с.
2. Падерни Р.Ю. Горные машины / Р.Ю. Падерни. - М.: Недра, 1980. - 390 с.
3. Казаченко Г.В. Определение пространственной ориентации горных машин / Г.В. Казаченко // Горная механика. - 2007. - № 4. - С. 85-89.
4. Опейко Ф.А. Торфяные машины // Ф.А. Опейко. - Минск: Высшая школа, 1968. - 408 с.
5. Рудицын М.Н. Справочное пособие по сопротивлению материалов / М.Н. Рудицын, П.Я. Артемов, М.И. Любошиц. - Минск: Высшая школа, 1970. - 638 с.

УДК 629.331

## **ОЦЕНКА ЭНЕРГОЕМКОСТИ РЕЗАНИЯ ГОРНОЙ ПОРОДЫ С ПОМОЩЬЮ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ТИПА ДИНАМОМЕТРИЧЕСКОГО СВЕРЛА**

**Басалай Г.А., Лютко Г.И., Казаченко Г.В.**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь*

*Приведено описание экспериментальной установки типа динамометрического сверла для оценки энергоемкости резания горных пород. Измерительная система позволяет измерить четыре величины, характеризующие процесс разрушения массива породы сверлением: крутящий момент, силу подачи сверла на забой, угловую скорость вращения сверла и скорость его подачи, с регистрацией этих величин в памяти ПЭВМ и обработкой в программной среде Powergraph.*

Удельные затраты мощности при разрушении массива горной породы являются одним из основных показателей качества исполнительных органов добывающих машин горного производства. На снижение величины этого показателя направлены усилия всех производителей горнодобывающего оборудования. Эта задача решается различными путями, начиная со способов разрушения массива породы и заканчивая выбором их оптимальных параметров с точки зрения энергоемкости. При механическом разрушении массива энергоемкость зависит от большого числа факторов, в перечень которых входят группа прочностных показателей породы, свойства и геометрия элементов инструмента разрушения, характер их взаимодействия с породой и т. п. Основными способами механического разрушения являются резание и удар, а также их комбинации. При резании породы резцами, как показывает практический опыт и результаты многочислен-

ных исследований для большинства горных пород, на величину сил взаимодействия между резцами и породой наибольшее влияние помимо прочностных свойств породы оказывают размеры кусков, образующихся при этом горной массы. Эти размеры можно оценить различными способами [1 - 3], например, средней толщиной снимаемой резцами слоя породы (глубина резания (толщина стружки)). Этот параметр является удобным как для расчетов (в большинстве случаев легко рассчитывается), так и для проведения экспериментов (можно достаточно просто задать и измерить в процессе эксперимента). В связи с изложенным и техническими возможностями нами спроектирована и изготовлена экспериментальная установка (рис. 1) для исследования кинематических и силовых параметров процесса разрушения горных пород методом резания.



Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки

Установка создана на базе сверлильного станка и включает сам станок, позволяющий создавать несколько режимов движения режущего инструмента за счет изменения его скоростей подачи и вращения, специальное сверло для бурения шпуров в массиве калийных руд, и измерительную систему. Датчики частоты вращения и подачи сверла смонтированы на корпусе и шпинделе станка. Для фрезерования породы сверло оснащено стандартной двухперой коронкой, используемой в буровых станках для сверления шпуров в пластах калийной соли. На стол станка устанавливаются слесарные тиски, датчик УДМ с закрепленной на нем площадкой для позиционирования образца горной породы.

В качестве испытуемых образцов используются монолитные кубики размером 100-120 мм, вырезанные из блоков горной породы, доставленных из рудников в лабораторию института горного дела (г. Солигорск) для проведения испытаний на прочность.

Измерительная система позволяет измерить четыре величины, характеризующие процесс разрушения массива породы сверлением: крутящий момент, силу подачи сверла на забой, угловую скорость вращения сверла и скорость его подачи, с регистрацией этих величин в памяти ПЭВМ и обработкой в программной среде *Powergraph*. Схема измерительной системы приведена на рис. 2.

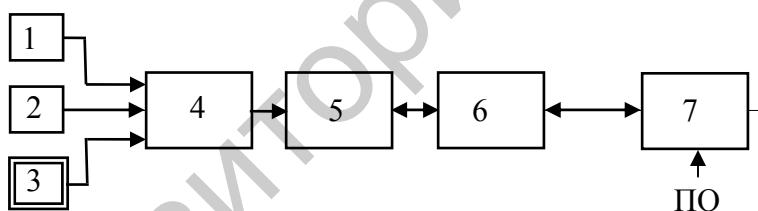


Рис. 2. Принципиальная схема измерительной системы:

- 1 – датчик угловой скорости (индуктивный); 2 – датчик перемещения (потенциометрический); 3 – УДМ; 4 – блок коммутации; 5 – тензоусилитель; 6 – адаптер USB; 7 – персональный компьютер; ПО – программное обеспечение *Powergraph*.

Предварительная серия экспериментов подтвердила надежность работы установки, позволила определить характер и уровни нагрузочных режимов при сверлении горной породы, включающей различные пропласты по содержимым минералам. Результаты экспериментов в реальном режиме времени отображаются на мониторе компьютера в следующем виде (рис.3).

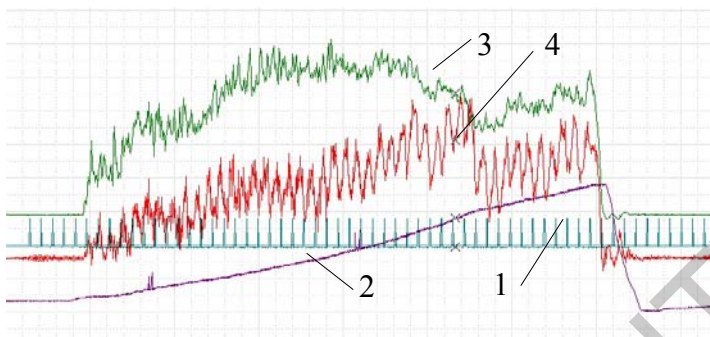


Рис. 3 Фрагмент отображения на ПЭВМ показаний частоты вращения 1 и подачи 2 сверла, а также осевой силы 3 и крутящего момента 4

Методика обработки данных экспериментов направлена на энергетическую оценку процесса резания массива породы сверлом и включает измерение некоторых непосредственных характеристик и обработку этих величин для расчета энергетических показателей. В первую очередь можно определить полную мощность на работу установки

$$N = M \cdot \omega + P_n \cdot v_n, \quad (1)$$

где  $M$  – крутящий момент на сверле;  
 $P_n$  – усилие подачи;  
 $\omega$  – угловая скорость сверла;  
 $v_n$  – скорость подачи сверла на забой.

Объемная производительность определяется по геометрическим параметрам выработки (Рис.4) и величине скорости подачи

$$Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot v_n, \quad (2)$$

где  $D$  и  $d$  – диаметры основной и пилотной выработок.

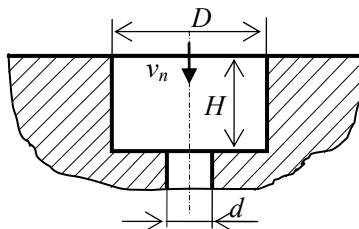


Рис. 4. К определению производительности

Тогда удельные затраты мощности на резание

$$e = \frac{N_p}{Q} = \frac{M \cdot \omega}{\pi(R_2^2 - R_1^2) \cdot v_n}, \quad (3)$$

где  $N_p$  – мощность для резания породы.

С другой стороны, удельные затраты мощности на резание можно определить расчетным путем по формуле

$$e_p = C_1 \cdot h^{C_2}, \quad (4)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – коэффициенты, характеризующие прочностные свойства породы ( $C_1$ ) и степень влияния толщины снимаемой инструментом стружки ( $C_2$ ) на удельные затраты мощности;

$h$  – толщина стружки, снимаемой режущими элементами инструмента при проведении эксперимента.

Величина  $h$  определяется расчетом

$$h = v_n \frac{2\pi}{\omega \cdot z}, \quad (5)$$

где  $z$  – число режущих кромок на поверхности резания (число заходов сверла).

Экспериментальные данные, полученные при двух режимах сверления, позволяют найти значения коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$ . Для этого проводится серия экспериментов по определению  $e_p$  при различных значениях толщины стружки (достаточно двух надежных экспериментов) и находятся пары значений толщины стружки и удельных затрат мощности. После этого составляется система уравнений

$$\begin{cases} e_{p1} = C_1 \cdot h_1^{C_2} \\ e_{p2} = C_2 \cdot h_2^{C_2} \end{cases}, \quad (6)$$

которая разрешается относительно коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$ .

Для удобства решения системы следует преобразовать её путем логарифмирования, т. е. записать

$$\begin{cases} \ln e_{p1} = \ln C_1 + C_2 \cdot \ln h_1 \\ \ln e_{p2} = \ln C_1 + C_2 \cdot \ln h_2 \end{cases}, \quad (7)$$

и решить полученную линейную систему относительно показателя степени  $C_2$  и  $\ln C_1$ .

Определив коэффициенты  $C_1$  и  $C_2$  можно оценивать потребные затраты мощности на резание породы и подачу инструмента на забой.

Помимо нахождения коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$ , характеризующих влияние толщины снимаемой стружки (глубины резания) на энергоёмкость процесса разрушения и экспериментального определения нагрузок на режущий инструмент установка позволяет находить и другие параметры процесса разрушения, например, зависимости между силами резания и силами подачи.

#### Литература

1. Солод, В.И. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов / Солод, В.И., Гетопанов В.Н., Рачек В.М. - М.: Недра, 1982. -354 с.
2. Опейко, А.Ф. Тофяные машины / Ф.А. Опейко. - Минск: Вышэйшая школа, 1968. -408 с.
3. Казаченко, Г.В. Оценка распределения расчётных значений толщин стружки при измельчении руды проходческими и очистными комбайнами. / Г.В. Казаченко, Н.В. Кислов, Г.А. Басалай, П.В. Цыбуленко // Горная механика и машиностроение. - 2013. №1. -С. 46-55.

УДК 622.063.23

### **ШУМОВЫЕ И ВИБРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПНЕВМОПЕРФОРАТОРА С УДАРНОЙ СИСТЕМОЙ «ПОРШЕНЬ-БОЕК-ИНСТРУМЕНТ»**

**<sup>1</sup> Пивнев В.А., <sup>2</sup> Юнгмейстер Д.А., <sup>2</sup> Лавренко С.А., <sup>2</sup> Исаев А.И.**

<sup>1</sup> ОАО «Апатит», г. Кировск,

<sup>2</sup> Национальный минерально-сырьевой университет "Горный"

*В статье дано описание методики проведения испытаний модернизированного перфоратора. Проведен анализ результатов измерения шума и вибрации, полученных при бурении и даны рекомендации по работе с перфоратором.*

Конструкция и рудничные испытания модернизированного перфоратора ПП-54 с ударной системой «поршень-боек-инструмент» достаточно полно изложены в трудах 3-ей Международной Конференции по проблемам рационального природопользования, проходившей в г. Тула (2012 г.) [1], а также работах [2]. В указанной конструкции перфоратора после первого удара поршня по бойку, боек между сближающимися поршнем и штангой совершает убыстряющиеся высокочастотные колебания, при этом зафиксировано увеличение скорости бурения в сравнении со стандартным перфоратором не менее, чем на 25 %.

В данной статье приводятся результаты шумовых и вибрационных замеров работы модернизированного перфоратора ПП-54С2.