

Надутый В. П.

Сухарев В. В.

*Институт  
геотехнической  
механики  
им. Н. С. Полякова  
НАН Украины*

УДК 622.734.621.926.3-9

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИИ НА ПРОЦЕСС ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ВО ВНУТРИВАЛКОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ

*На основі експериментальних досліджень показано ефективність використання вібробудження робочого органу внутривалкового конусного млина.*

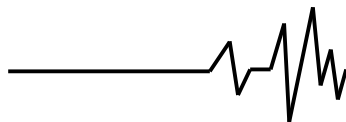
*On the basis of experimental researches efficiency of use vibroexcitation working body conical grinding mills is shown.*

Для подготовки горной массы к дальнейшей переработке используются серийно выпускаемые валковые мельницы различных типов. Основным механизмом процесса измельчения в них является раздавливание сыпучей кусковой массы между барабаном и валками. При этом процесс раздавливания требует значительных усилий, а следовательно и больших затрат энергии для поддержания стабильности процесса. Учитывая большие распорные усилия в металлоконструкции мельницы, значительную кинетическую энергию вращающихся валков, мельницы представляют собой металлоемкую конструкцию с динамически напряженной кинематической схемой. Дальнейшее совершенствование этих машин требует снижения их металлоемкости и энергопотребления [1, 2].

Разработанная в ИГТМ НАН Украины внутривалковая конусная мельница [3] позволяет в значительной степени решить указанную техническую проблему. Конструктивная схема такой мельницы представлена на рис. 1, которая состоит из рамы 1, на которой с помощью амортизаторов 2 установлена цилиндрическая оболочка 3 с внутренней конической поверхностью и расположенным в ней соосно продольной оси вал 4, связанный через лепестковую муфту с приводным валом 5 двигателя. На валу 4 соосно вдоль продольной оси установлены конические втулки 6 и 7, ориентированные меньшими основаниями на одной оси друг против друга. Внешние конические поверхности

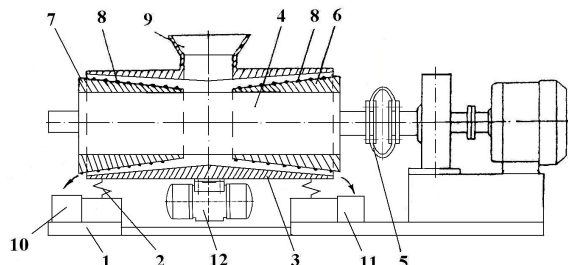
втулок имеют многозаходную винтовую навивку 8 из высокотвердого материала с противоположным направлением навивки на каждой втулке и с одинаковым шагом. Втулки с навивкой образуют зазор с оболочкой и имеют уклон в сторону разгрузки измельченного материала. Между меньшими основаниями втулок 6 и 7, вдоль поперечной оси вала 4 в верхней части цилиндра расположена загрузочная камера 9. Разгрузочные щели 10 и 11 расположены по торцам цилиндрической оболочки, величина зазора которых регулируется продольным перемещением конических втулок 6 и 7 относительно вала 4. Мельница имеет 2 модификации, одна из которых имеет вибровозбудитель 12, который способствует сегрегации измельчаемого материала в зазоре камеры 9, поворотные колебания корпуса увеличивают скорость его движения, а возмущающая сила вносит динамическую составляющую при воздействии на измельчаемую горную массу.

Авторами выполнен комплекс теоретических и лабораторных исследований [5-7] и установлен ряд преимуществ представленной конструкции конусной внутривалковой мельницы над обычными валковыми, которые заключаются в реализации сдвиговых деформаций при разрушении горной массы (что требует меньших усилий по отношению к раздавливанию сжатием [4]). При этом увеличивается степень измельчения материала от большего к меньшему вдоль всего конуса, на что затрачиваются



значительно меньше усилия, и пропорционально им необходимо обеспечивать уменьшенные запасы прочности металлоконструкции.

производительность исследуемой конструкции мельницы. При этом прикладываемое вибрационное воздействие к корпусу мельницы обеспечивало его колебания вокруг горизонтальной оси.



**Рис. 1. Конструктивная схема внутривалковой конусной мельницы**

Испытывался лабораторный образец мельницы с производительностью до 20 кг/ч. Мощность ( $N$ ) вибровозбудителя составляла 0,18 кВт при оборотах вала  $n_{max} = 1400$  и величина возмущающей силы  $P_{max} = 1800$  Н. Крупность исходного материала (гранит) составляла  $-10+5,0$  мм. Обороты вибровозбудителя регулировались с помощью частотного регулятора. Зависимость производительности мельницы от оборотов вала мельницы, вибровозбудителя и зазора разгрузочной щели ( $\Delta = 3; 5$  мм) представлены в табл. 1.

Целью исследований являлось определение влияния вибрации на

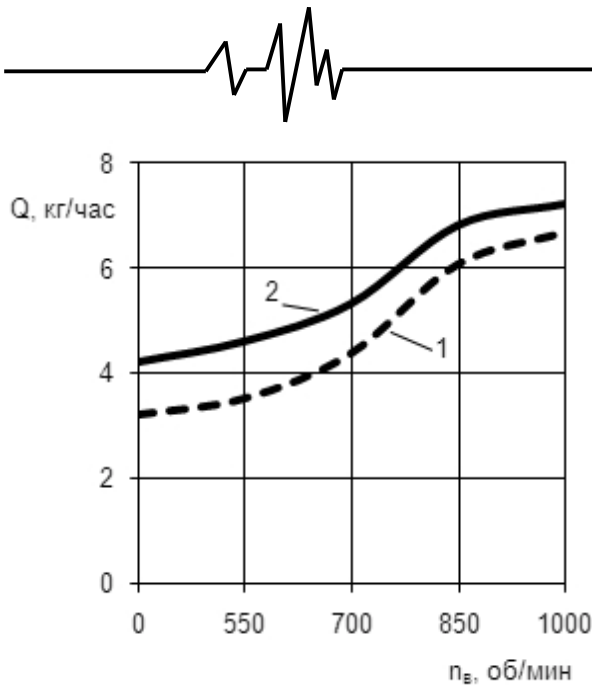
**Таблица 1**

**Зависимость производительности мельницы от оборотов вала и оборотов вибровозбудителя при изменении величины зазора разгрузки**

| №  | $\Delta$<br>Зазор, мм | $n_m$<br>Обороты привода мельницы, об/мин | $n_e$<br>Обороты вибровозбудителя, об/мин | Q<br>Производительность, кг/ч |
|----|-----------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|
| 1  | 3                     | 42                                        | 0                                         | 3,2                           |
| 2  |                       |                                           | 550                                       | 3,5                           |
| 3  |                       |                                           | 700                                       | 4,4                           |
| 4  |                       |                                           | 850                                       | 6,1                           |
| 5  |                       |                                           | 1000                                      | 6,7                           |
| 6  |                       | 78                                        | 0                                         | 4,2                           |
| 7  |                       |                                           | 550                                       | 4,6                           |
| 8  |                       |                                           | 700                                       | 5,3                           |
| 9  |                       |                                           | 850                                       | 6,8                           |
| 10 |                       |                                           | 1000                                      | 7,2                           |
| 11 | 5                     | 42                                        | 0                                         | 3,7                           |
| 12 |                       |                                           | 550                                       | 4,3                           |
| 13 |                       |                                           | 700                                       | 5,6                           |
| 14 |                       |                                           | 850                                       | 8,9                           |
| 15 |                       |                                           | 1000                                      | 9,8                           |
| 16 |                       | 78                                        | 0                                         | 6,8                           |
| 17 |                       |                                           | 550                                       | 7,76                          |
| 18 |                       |                                           | 700                                       | 9,3                           |
| 19 |                       |                                           | 850                                       | 11,8                          |
| 20 |                       |                                           | 1000                                      | 12,5                          |

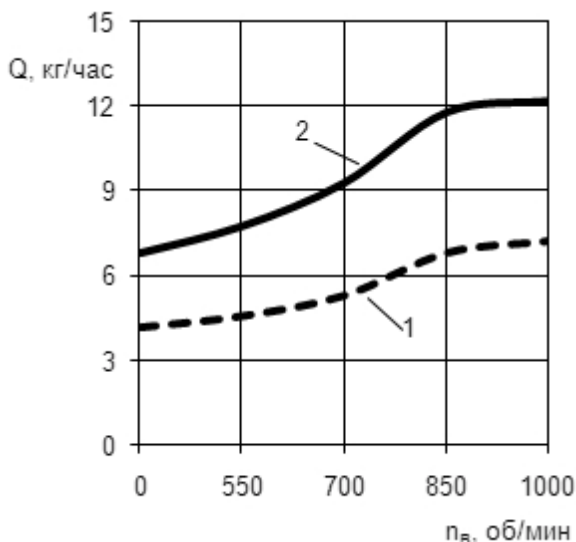
На рис. 2 представлена зависимость производительности мельницы Q, кг/ч от оборотов вала вибровозбудителя  $n_e$  при

разных оборотах вала мельницы при разгрузочной щели  $\Delta = 3$  мм.



**Рис. 2. Зависимость производительности мельницы от оборотов вала вибровозбудителя: 1 –  $n_m = 42$  об/мин; 2 –  $n_m = 78$  об/мин, при  $\Delta = 3$  мм**

На рис. 3 показана зависимость производительности мельницы от оборотов вибровозбудителя при постоянных оборотах вала мельницы  $n_m = 78$  об/мин и разных зазорах разгрузочной щели  $\Delta = 3; 5$  мм.



**Рис. 3. Зависимость производительности мельницы от оборотов вала вибровозбудителя: 1 –  $n_m = 78$  об/мин,  $\Delta = 3$  мм; 2 –  $n_m = 78$  об/мин,  $\Delta = 5$  мм**

Таким образом, выполненные исследования показывают, что изменение оборотов мельницы позволяет увеличить и производительность на 20 %, а с применением вибровозбудителя – более чем в 2 раза при разгрузочной щели  $\Delta = 3; 5$  мм. При этом мощность привода вибровозбудителя в 6 раз меньше мощности привода мельницы. Поэтому применение внутривалковой конусной мельницы рекомендуется с использованием дополнительных вибрационных возмущений рабочего органа.

### Литература

1. Надутый В.П. Анализ модельных представлений разрушения горных пород в барабанной внутривалковой мельнице / В.П. Надутый, В.А. Остапенко, В.В. Сухарев // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ. – Вип. 3. – 2009. – С. 58–64.
2. Верич Е.Д. Перспективы барабанно-валковых мельниц / Е.Д. Верич, А.Н. Иванов // Науч.-техн. сб. НТУ "Харьковский политехнический институт". – Вып. 17 – Харьков. – 2008. – С. 118–122.
3. Пат. 53418 UA. МКИ6 В 02 С 2/10, В 02 С 15/16. Пристрій для тонкого подрібнення матеріалів / Надутый В.П., Взоров А.А., Ягнюков В.Ф. Заявка № 2002054117; заявл. 21.05.2002; опубл. 15.01.2003, Бюл. № 1.
4. Федотов П.К. Разрушение материала в валковых мельницах высокого давления / П.К. Федотов // Горный инф.-анал. бюллетень. Московский горный университет. Вып. 11. – 2004. – С. 313–331.
5. Надутый В.П. Определение влияния формы частицы на распределение сил при измельчении в конусной валковой мельнице / В.П. Надутый, В.А. Остапенко, В.В. Сухарев // Науковий вісник НГУ – Вип. 4. – Дніпропетровськ – 2009. – С. 27–32.
6. Надутый В.П. Оценка распределения сил при защемлении измельчаемой частицы в конусной валковой мельнице / В.П. Надутый, В.А. Остапенко, В.В. Сухарев // Сб. науч. тр. НГУ. – Днепропетровск, – Вып. 32. – 2009. – С. 41–47.
7. Надутый В.П. Определение производительности внутривалковой мельницы тонкого помола от ее параметров прочности горной массы / В.П. Надутый, В.В. Сухарев // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – Вып. 74. – 2008. – С. 62–66.