

Н.Ю. Грачева**РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА
НА БАЗЕ ВИБРАЦИОННОЙ МЕЛЬНИЦЫ
ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ЕЕ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ**

Рассмотрен вопрос экспериментального подтверждения теории функционирования вибрационной мельницы с эксцентриковым приводом. Вибрационная мельница германской фирмы «Siebtechnik GMBH» была использована в качестве основной машины, на которой производились экспериментальные исследования. Показан общий вид экспериментального стенда на базе вибромельницы Siebtechnik 854-2ks. Произведено описание работы экспериментального стенда. Представлены способы изменения частоты и амплитуды колебаний помольной камеры. Обоснован выбор формы и количества помольных камер вибрационной мельницы. Представлены технические характеристики экспериментального стенда, тиристорного привода и измерительной аппаратуры. Показан способ фиксации величины суммарной нагрузки, действующей на стенки помольной камеры. В качестве примера определения энергетических параметров вибрационной мельницы с помощью лабораторного стенда представлены зависимости мощности, потребляемой вибрационной мельницей, от частоты колебаний помольной камеры. Установлено, что суммарная мощность, потребляемая вибрационной мельницей, находится в квадратичной зависимости от частоты колебаний помольной камеры, причем, чем меньше амплитуда колебаний камеры, тем большие значения частот колебаний можно достичь при одинаковой потребляемой мощности.

Ключевые слова: теория функционирования вибрационной мельницы, эксцентриковый привод, экспериментальные исследования, общий вид экспериментального стенда, частота и амплитуда колебаний помольной камеры, технические характеристики, величина суммарной нагрузки, мощность, потребляемая вибрационной мельницей.

Экспериментальное подтверждение результатов теоретических исследований является важнейшей составляющей любых научных исследований. Не является исключением и выбор рабочих параметров вибрационных мельниц для тонкого и сверхтонкого измельчения горных пород.

На сегодняшний день одним из безусловных мировых лидеров в исследовании, проектировании и эксплуатации вибрационных мельниц является Германская фирма «Siebtechnik GMBH» [1]. Вибрационную мельницу этой фирмы мы использовали в качестве основной машины, на которой

производились экспериментальные исследования. На рис. 1 представлен общий вид экспериментального стенда на базе вибромельницы Siebtechnik 854–2ks.

Вибромельница состоит из помольных камер 1, закрепленных с помощью пружинных опор 2 на несущей раме 3. Сбоку от помольных камер 1 расположен вибровозбудитель, состоящий из подшипниковых узлов 4, карданного вала 5 и дебалансов 6 (на рис. расположены в кожухе). Вал 6 приводится во вращение электродвигателем 7. С противоположной от вибровозбудителя стороны на по-

молных камерах 1 закреплены противовесы 8 для уравнивания сил тяжести вировозбудителя. Сверху и снизу на помольных камерах располагаются соответственно загрузочный и разгрузочный патрубки 9 и 10. Вал электродвигателя связан с валом вибровозбудителя упругой муфтой 11 (на рис. 1 расположена в кожухе). Подшипниковые узлы охлаждаются маслом, подающимся с помощью маслостанции 12. Отработанное масло сливается в маслоприемники 13.

Установка работает следующим образом. В помольные камеры через входные патрубки загружается исходный материал определенной массы и в проходном режиме пропускается через помольные камеры. Так как дебалансы были выполнены из двух дисков, эксцентрично насаженных на

вал, то меняя угол между ними, можно было изменять амплитуду колебаний. Частота колебаний изменялась с помощью тиристорного привода, а изменение длины помольных камер достигалась путем повторных засыпок измельченного материала. Для периодического измельчения материала применяли специальные вставные камеры с глухим днищем.

Для определения зависимости производительности от диаметра камер на экспериментальный стенд устанавливалось одновременно две помольные камеры разных диаметров. Это давало возможность определить влияние диаметра камер на производительность при прочих равных условиях (одинаковой частоте, амплитуде).

Применение для экспериментального стенда дебалансного вибровоз-

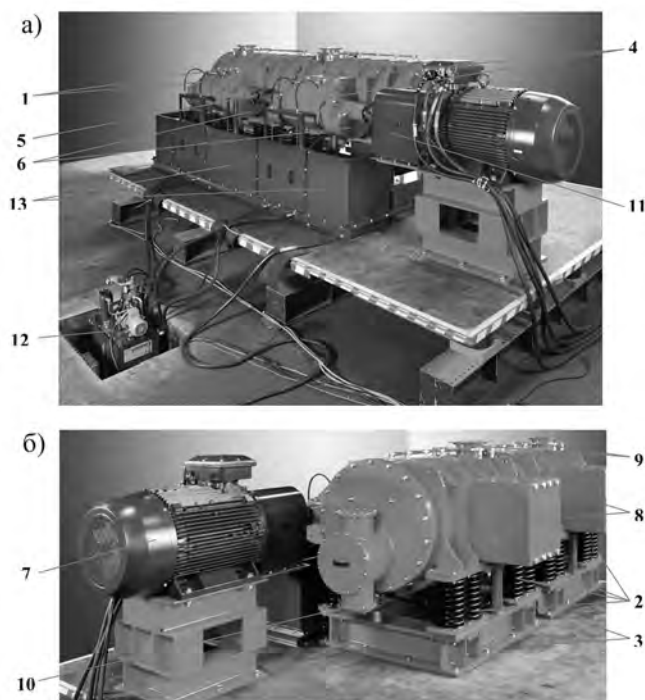


Рис. 1. Общий вид экспериментального стенда на базе вибромельницы Siebtechnik 854-2ks: 1 – помольные камеры; 2 – пружинные опоры; 3 – несущая рама; 4 – подшипниковые узлы; 5 – карданный вал; 6 – дебалансы; 7 – электродвигатель; 8 – противовесы; 9 – загрузочный патрубок; 10 – разгрузочный патрубок; 11 – упругой муфта; 12 – маслостанция; 13 – маслоприемники

Таблица 1

Техническая характеристика тиристорного привода

Тиристорный преобразователь	Siemens SINAMICS
Электродвигатель	WNP-55
Питание	Постоянный ток
Мощность, кВт	61
Возбуждение	смешанное
Частота вращения, об/мин	0–1600
Напряжение, В	400
Ток рабочий, А	125

Таблица 2

Техническая характеристика экспериментального стенда

Диаметр помольных камер, мм	850	650
Длина помольных камер, мм	1800	1246
Объем, л	937	370
Масса шаров при $E = 0,85$, кг	3530	1400
Объем мелющей загрузки, л	750	296
Амплитуда колебаний помольной камеры, мм	0–13	0–13
Частота колебаний помольной камеры, об/мин	0–1600	0–1600
Масса колеблющейся части с камерами, кг	8500	2600
Диаметр мелющих тел, мм	16, 22, 28, 33	
Материал мелющих тел	Сталь ШХ-15	
Статический момент дебалансов, Нм	1,4–19,6	
Режим	Зарезонансный	
Привод	Дебалансный	
Футеровка	Стальная	
Упругие опоры	Пружины цилиндрические	
Жесткость суммарная, Н/мм	1000–20 000	

будителя вызвано рядом преимуществ такого привода для вибрационных измельчительных установок, в частности, тем, что для мощных вибрационных установок, создание которых является конечной целью наших исследований, этот вид привода является самым целесообразным. Такой привод отличается малыми усилиями на фундамент и незначительными нагрузками в пусковой период. Работа в зарезо-

нансном режиме сообщает вибрационной мельнице устойчивость работы. Применение дебалансного привода дает возможность также реализовать круговую траекторию колебаний, наиболее эффективную для измельчения материала [2–3].

Форма камеры была выбрана цилиндрической по той же причине, что и при круговой траектории колебаний загрузка камеры совершает также

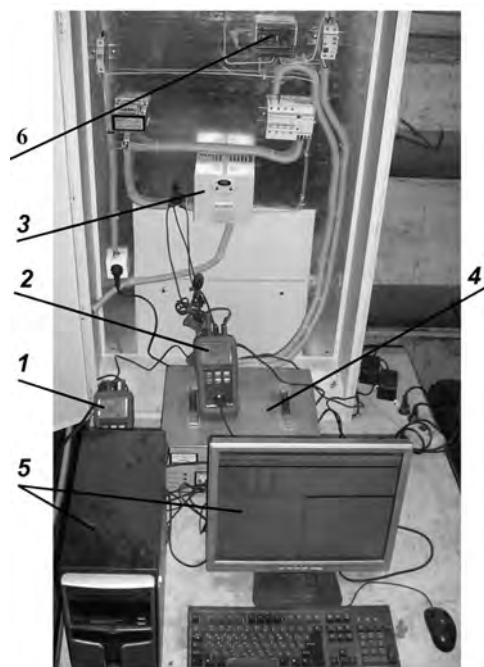


Рис. 2. Общий вид измерительной аппаратуры экспериментального стенда: 1, 2 – электронные динамометры сигнала тензодатчика определения суммарной нагрузки на стенки помольной камеры; 3 – ваттметр электродвигателя; 4 – стабилизатор напряжения; 5 – персональный компьютер; 6 – блок управления частотным преобразователем электродвигателя мельницы

Таблица 3

Техническая характеристика измерительной аппаратуры

Вольтметр тиристорного преобразователя	Siemens V-2345
Шкала, В	0–500
Цена деления, В	10
Амперметр тиристорного преобразователя	Siemens A-6352
Шкала, А	0–300
Цена деления, А	2
Ваттметр	Siemens D- 5004
Трансформатор тока	Siemens AVD-5M
Тахометр ручной	Siemens TG-10P
Тахометр стробоскопический	Siemens 2 TG 32–456
Тахометр электронный цифровой	Siemens LAT-2
Прибор виброизмерительный (для измерения амплитуды колебаний)	Siemens TSM-101

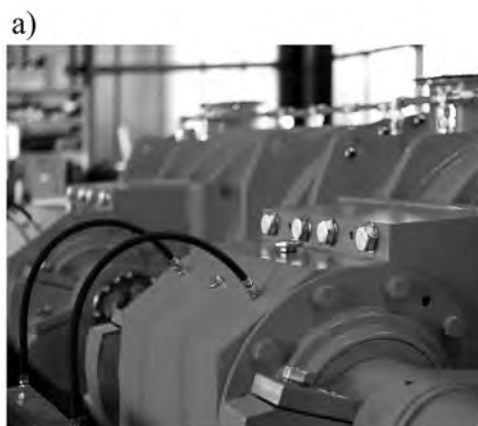


Рис. 3. Фиксация величины суммарной нагрузки, действующей на стенки помольной камеры: а) схема подвода кабелей; б) распечатка динамического портрета

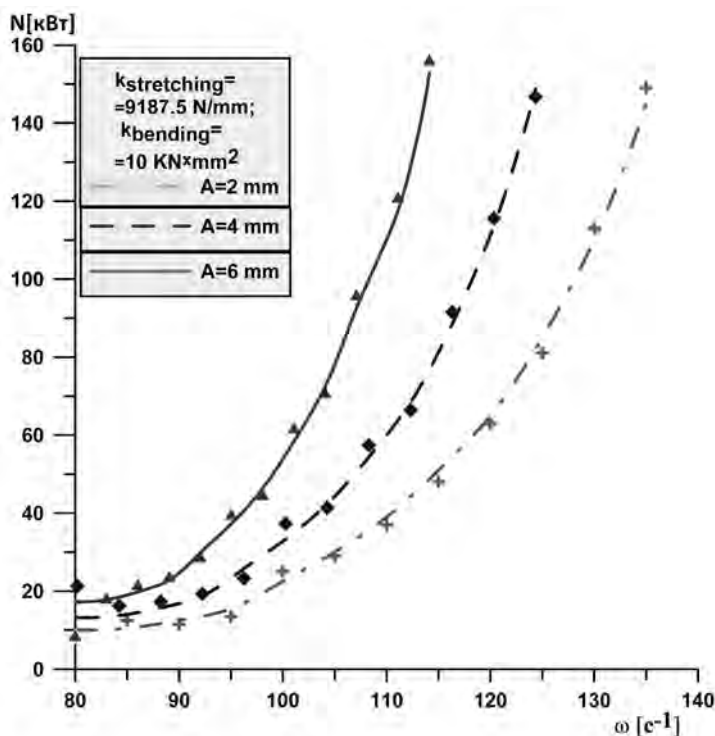


Рис. 4. Зависимости мощности, потребляемой вибрационной мельницей, от частоты колебаний помольной камеры

вращательное движение в камере, что снижает потери на трение в процессе измельчения.

Для изменения частоты колебаний применялся тиристорный преобразователь Siemens SINAMICS (Германия) с характеристиками, представленными в табл. 1.

Технические данные экспериментального стенда приведены в табл. 2.

Общий вид измерительной аппаратуры экспериментального стенда представлен на рис. 2. В табл. 3. сведены данные о приборах, фиксирующих значения определяемых параметров.

Для регистрации нагрузки, действующей на стенки помольной камеры со стороны мелющей загрузки использовался акселерометр Siemens ФА 345.

На рис. 3 показан способ фиксации величины суммарной нагрузки, действующей

на стенки помольной камеры: на рис. 3, а – схема подвода кабелей и на рис. 3, б – распечатка динамического портрета нагружения стенки камеры.

В качестве примера определения энергетических параметров вибрационной мельницы с помощью лабораторного стенда на рис. 4 представлены зависимости мощности, потребляемой вибрационной мельницей, от частоты колебаний помольной камеры. Анализ данных зависимостей показывает, что суммарная мощность, потребляемая вибрационной мельницей, находится в квадратичной зависимости от частоты колебаний помольной камеры, причем, чем меньше амплитуда колебаний камеры, тем большие значения частот колебаний можно достичь при одинаковой потребляемой мощности.

Грачева Наталья Юрьевна – соискатель,
Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет), e-mail: info@skgmi-gtu.ru.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вержанский А.П. Развитие теории динамических процессов и выбор параметров рабочих органов мельниц для тонкого измельчения горных пород. Дисс. док. техн. наук. – М.: МГТУ, 2006. – 456 с.

2. Балахнина Е.Е. Обоснование параметров барабанной мельницы для тонкого измельчения горных пород с учетом динамики

мельющих тел. Дисс. канд. техн. наук. – М.: МГТУ, 2002. – 121 с.

3. Балахнина Е.Е. Выбор рациональных параметров барабанной мельницы с точки зрения энергетических затрат на помол // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – № 6. – С. 347–352. **ГИАБ**

UDC 622.23.05:622.272

DEVELOPMENT OF THE LABORATORY STAND ON THE BASIS OF VIBRATORY MILL FOR THE EXPERIMENTAL DETERMINATION OF ITS OPERATING PARAMETERS

Gracheva N. Yu., Applicant,
North Caucasus Mining and Metallurgy Institute (State Technological University),
362021, Vladikavkaz, Russia, e-mail: info@skgmi-gtu.ru.

The question of experimental verification of the theory of the vibratory mill operation with eccentric drives is considered. A vibratory mill made by German company «Siebtechnik GMBH» was used as the main machine for experimental studies. A general view of the experimental stand on the basis of a vibratory mill Siebtechnik 854-2ks was shown. The experimental stand in working stage was described. The ways of changing the frequency and amplitude of the oscillations of the grinding chamber were done. The choice of the form and amount of vibratory mill's chambers was justified. The technical characteristics of the experimental stand, thyristor drive and instrumentation were presented. The method of fixing the value of the total forces acting on the wall of the grinding chamber was shown. As an example of the determining of the energy parameters of vibratory mill by using a laboratory stand the dependences of power consumed by the vibration mill, from the vibration frequency of the grinding chamber were presented. It is found that the total power consumption of vibratory mill is on the square dependence from the oscillation frequency of the grinding chamber, moreover, if the amplitude of the oscillation chamber is less, than the greater value of the oscillation frequency it can be achieved at the same power consumption.

Key words: the theory of vibratory mills; the eccentric drive; experimental studies; a general view of the experimental stand; the frequency and amplitude of the oscillations of the grinding chamber; the technical characteristics; the value of the total forces; the power consumption of vibratory mill.

REFERENCES

1. Verzhanskii A.P. *Razvitie teorii dinamicheskikh protsessov i vybor parametrov rabochikh organov mel'nits dlya tonkogo izmel'cheniya gornykh porod* (The development of the theory of dynamic processes and selection of parameters of working bodies of mills for fine grinding of rocks), Doctor's thesis, Moscow, MGGU, 2006, 456 p.

2. Balakhnina E.E. *Obosnovanie parametrov barabannoi mel'nitsy dlya tonkogo izmel'cheniya gornykh porod s uchetom dinamiki melyushchikh tel* (The parameters justification of ball mill for fine grinding of rocks, taking into account the dynamics of milling balls), Candidate's thesis, Moscow, MGGU, 2002, 121 p.

3. Balakhnina E.E. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*. 2007, no 6, pp. 347–352.

