

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ МОЛОТКОВОЙ ДРОБИЛКИ

v.s_bogdanov@mail.ru

В статье представлена новая конструкция и принцип работы вертикальной молотковой дробилки. Разработан план эксперимента и экспериментальных исследований этой машины, а так же приведены результаты поисковых экспериментов.

Ключевые слова: вертикальная молотковая дробилка, ротор дробилки, планирование эксперимента, поисковые эксперименты.

Измельчение – наиважнейший этап в производстве строительных материалов. Одной из самых распространенных машин для измельчения является молотковая дробилка. Благодаря таким положительным качествам как: простота конструкции, относительная дешевизна изготовления, технологичность, компактность, высокая степень дробления они завоевали всеобщую известность, огромную популярность и широкую область применения на производствах ПСМ. Молотковые дробилки применяют в основном для измельчения хрупких минеральных материалов и топлива, сельскохозяйственных продуктов. Наиболее распространенными считаются молотковые дробилки с горизонтальным расположением ротора, однако существуют еще молотковые дробилки с вертикальной осью вращения ротора. Вертикальные молотковые дробилки наиболее экономичны по сравнению с горизонтальными [1].

Многие молотковые дробилки, работающие на современных производствах, нуждаются в модернизации, усовершенствовании, т.к. за долгие годы их эксплуатации были выявлены и их недостатки. С выполнением патентного поиска, анализа существующих конструкций было выявлено, что наиболее интересным направлением совершенствования дробилок с вертикальной осью вращения ротора являются:

- а) упорядочивание движения частиц в рабочей камере;
- б) увеличение степени измельчения.

На кафедре Механического оборудования была разработана и изготовлена вертикальная молотковая дробилка, обеспечивающая осуществление вышеперечисленных перспективных направлений совершенствования [2]. На рис. 1 представлена схема вертикальной молотковой дробилки.

Дробилка состоит из вертикального цилиндрического корпуса 1, внутренняя рабочая поверхность которого защищена зубчатыми отбойными бронеплитами 2. Верхняя крышка 3 корпуса имеет загрузочное отверстие 4, а в цен-

тре верхней крышки имеется подшипниковый узел 5. В нижней части корпуса 1 в ступице 6, размещен подшипниковый узел 7. Подшипниковые узлы 5 и 7 расположены соосно. В них установлен вертикальный ротор 8, который приводится во вращение посредством клиноременной передачи от электродвигателя 9.

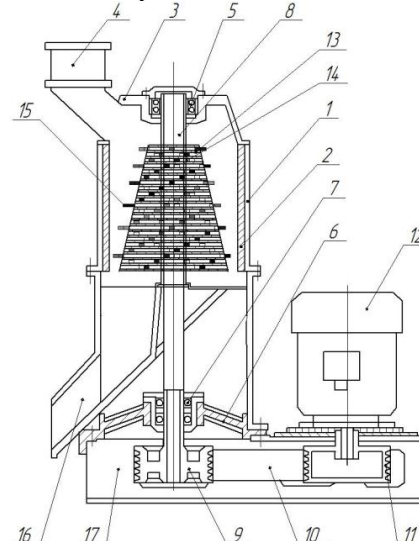


Рис. 1. Схема вертикальной молотковой дробилки

Под зоной измельчения располагается разгрузочный патрубок 16. Вся конструкция дробилки закреплена на раме 17.

Ротор (рис. 2) представляет собой закрепленные на вертикальном валу 1 диски 2 разного диаметра. Диски расположены «от большего к меньшему», начиная с нижней части вала и образуют усеченный конус. На дисках закреплены молотки 3. Между дисками установлены регулировочные шайбы 4. На каждом ярусе устанавливается, по четыре молотка, которые на каждом из последующих ярусов смещаются, образуя ряды винтовых линий.

Работает дробилка следующим образом. Ротор 13 (рисунок 1) приводится в движение посредством связи ременной передачи от электродвигателя 12. Подлежащий измельчению материал поступает в корпус 1 дробилки через загрузочное устройство 4. Попадая в верхнюю часть

камеры измельчения, материал начинает разрушаться под воздействием ударных нагрузок молотков 15, закрепленных на роторе 13, кроме того, частицы измельчаемого сырья ударяются о зубчатую внутреннюю поверхность измельчительной камеры, а так же от соударений друг с другом, что усиливает эффективность измельчения и ускоряет процесс измельчения.



Рис. 2. Ротор вертикальной молотковой дробилки

Молотки 15 на роторе 13 расположены по нисходящей траектории черырехзаходного винта и при вращении ротора молотками образуются четыре спирально-кольцевые потока, которые способствуют выходу из рабочей камеры дробилки достаточно измельченного материала. Кроме того, образованные молотками 15 спирально-кольцевые потоки, способствуют изменению траектории движения разрушаемого материала в рабочей камере и сырье, перемещаясь вслед за потоком, образованным вращением ротора 13, дополнительно разрушается истиранием при столкновении друг с другом и от контакта с бронеплитой. Постепенно, шаг за шагом, измельчаясь, сырье проходит через камеру измельчения и выходит из дробилки через разгрузочное устройство 16.

На рисунке 3 представлена уже изготовленная и готовая к проведению эксперименталь-

ных испытаний спроектированная нами вертикальная молотковая дробилка.



Рис. 3. Общий вид вертикальной молотковой дробилки

Основными параметрам, характеризующими работу вертикальной молотковой дробилки являются производительность по готовому продукту Q_2 , в нашем случае требуемый размер частиц соответствует фракции -0,2 мм, и мощность P , потребляемая приводом дробилки. Производительность по готовому продукту оценивается путем отсева продукта измельчения на сите 0,2 с дальнейшим взвешиванием на лабораторных весах фракции -0,2 мм.

На эффективность работы вертикальной молотковой дробилки в первую очередь оказывают влияние следующие факторы: частота вращения ротора - n, c^{-1} , количество ярусов с молотками - $z, шт.$, расстояние между ярусами - $h, м$, минимальный радиальный зазор между молотком и внутренней рабочей поверхностью - $l, м$. С целью выявления уровня влияния каждого из исследуемых факторов на выбор рационального режима работы дробилки, а также выявления точности определения функций отклика, нами были проведены поисковые эксперименты (таблица 1). Исследуемый материал – мраморная крошка с размером частиц -12 + 5 мм.

Таблица 1

Результаты поисковых экспериментов

$z, шт$	$h, м$	$l, м$	n, c^{-1}	$Q_2', кг/ч$	$Q_2'', кг/ч$	$Q_2''', кг/ч$	$Q_{2,ср}, кг/ч$	$\Delta Q, кг/ч$	$P', Вт$	$P'', Вт$	$P''', Вт$	$P_{ср}, Вт$	$\Delta P, Вт$
5	0,028	0,019	40	447,7	439,1	445,3	444	1,1	2426	2455	2398	2426	1,2
7	0,028	0,019	40	414,2	408,4	419,7	414,1	1,3	2250	2197	2300	2249	2,3
6	0,035	0,019	40	464,1	439,5	448,8	450,8	2,5	2456	2388	2357	2400	1,8
6	0,021	0,019	40	397,6	377,1	390,6	388,4	3	2220	2169	2190	2193	1
6	0,028	0,026	40	496,2	482,1	506,7	495	2,6	2631	2576	2670	2626	1,9
6	0,028	0,012	40	365,5	366,3	345	358,9	3,9	2045	2099	2013	2052	2
6	0,028	0,019	45	449,4	441,8	459,2	450,1	1,8	2588	2630	2570	2596	1
6	0,028	0,019	35	413,1	425,3	400,9	413,1	2,9	1888	1813	1900	1867	2,9

Результаты поисковых экспериментов показали, что при трехкратном повторении каждого из экспериментов наибольшее расхождение исследуемых параметров составляет: при измерении потребляемой приводом дробилки мощ-

ности P – 2,9%, при измерении производительности по готовому продукту Q_2 – 3,9%.

Таким образом, выбранная методика измерений обеспечивает достаточно высокую точность повторных экспериментов и может быть

принята за основу. Количество повторных экспериментов каждого из опытов принимаем равным трем.

Учитывая большое количество переменных, нами был выбран в качестве основного плана эксперимента центральный композицион-

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i + \sum_{i=1}^n a_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n a_{ij} \cdot x_i \cdot x_j, \quad (1)$$

где y – расчетное значение функции отклика; a_0 – свободный коэффициент; a_i – коэффициенты при линейной зависимости; a_{ij} – коэффициенты при парном взаимодействии факторов.

Статистическая оценка значимости коэффициентов полученной математической модели производится с помощью критерия Стьюдента, а проверка на адекватность – с помощью критерия Фишера.

ный ротатбельный план полного факторного эксперимента ПФЭ ЦКРП 2⁴ [3].

На основе априорной информации предполагается, что функция отклика описывается следующим алгебраическим выражением:

Матрица планирования для ПФЭ ЦКРП 2⁴, на основании которой проводились экспериментальные исследования, представлена в таблице 2. В соответствии с принятым планом установлено пять уровней факторов: 1 – нижний; 0 – средний; +1 – верхний; -2 и +2 – звездные. Все принятые уровни факторов реализуются на экспериментальной установке.

Таблица 2

Исследуемые факторы и уровни варьирования ПФЭ ЦКРП 2⁴

Исследуемые факторы	Обозначение	Шаг	Уровни варьирования				
			-2	-1	0	1	2
1. Количество ярусов с молотками z , шт.	x_1	1	4	5	6	7	8
2. Расстояние между ярусами h , м	x_2	0,007	0,014	0,021	0,028	0,035	0,042
3. Длина молотков l , м	x_3	0,007	0,005	0,012	0,019	0,026	0,033
4. Частота вращения ротора n , с-1.	x_4	5	30	35	40	45	50

Таблица 3

Матрица планирования ДФЭ ЦКРП 2⁴

№ опыта	Уровни факторов			
	X_1	X_2	X_3	X_4
1	-1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1	-1
3	-1	+1	-1	-1
4	+1	+1	-1	-1
5	-1	-1	+1	-1
6	+1	-1	+1	-1
7	-1	+1	+1	-1
8	+1	+1	+1	-1
9	-1	-1	-1	+1
10	+1	-1	-1	+1
11	-1	+1	-1	+1
12	+1	+1	-1	+1
13	-1	-1	+1	+1
14	+1	-1	+1	+1
15	-1	+1	+1	+1
16	+1	+1	+1	+1
17	-2	0	0	0
18	+2	0	0	0
19	0	-2	0	0
20	0	+2	0	0
21	0	0	-2	0
22	0	0	+2	0
23	0	0	0	-2
24	0	0	0	+2
25	0	0	0	0
26	0	0	0	0
27	0	0	0	0
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0
31	0	0	0	0

Матрица планирования для ПФЭ ЦКРП 2⁴, на основании которой проводились экспериментальные исследования, представлена в таблице 3.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кутынка Е. И. Технологические возможности дробилок ударного действия с вертикальным ротором./ Кутынка Е.И., Сиваченко Л.А., материалы межвузовского сборника статей, БГТУ им. Шухова, Белгород, 2008, с. 83-88.

2. Патент на полезную модель а.с. № 102540, МПК В02С13/14, Вертикальная молотковая дробилка/ Богданов В.С., Раков А.М., заявлено 21.09.2010 г., опубл. 10.03.2011 г.

3. Хартман К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. Пер. с нем. / К. Хартман. - М.: МИР, 1977. - 314 с.