

Выводы. 1. Построена динамическая система «Твердая поверхность – материал – вибровозбудитель», на основе которой получена математическая модель колебаний вязкоупругого материала.

2. Получены аналитические зависимости для нахождения частот колебаний вибровозбудителя, необходимые для «отрыва» материала от твердой поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бедин В.В. Обоснование и выбор параметров наклонных вибрационных мельниц для измельчения влажных отходов карбонатных карьеров.- Дис. на соиск. учен. спен. канд. техн. наук. – М., 1985. - 180 с.

2. Патент Германии №19532770. Грохот- мкн В 07 В 4/08. 6.03.97.

3. Croppe K. Ein neuer verstopfungs freier Siebbelag // Steinbruch und Sandgrube.- 1989. 82. №8.- С.530-537.

4. Синельникова Л.Н. Оборудование для тонкого грохочения за рубежом.- М.: Цвет мет информация, 1977. - 205 с.

5. Allgaier optimiert Siebung mit Hilfe von Ultraschallreinigung // Aufbereitungs – Technik.- 1996. 37. № 7- С. 343-348.

6. Бутенин Н.В., Элементы теории нелинейных колебаний. Л.: Судпромгиз, 1962. - 195с.

7. Блехман И.И. Синхронизация в природе и технике. М.: Наука, 1981. - 352 с.

УДК 669.162.2

А. Н. СЕЛЕГЕЙ, канд. техн. наук.

Национальная металлургическая академия Украины

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ЗАСТЫВШЕЙ ЛЕТОЧНОЙ МАССЫ

Актуальность вопроса. При расчете энергосиловых параметров вскрытия чугунной летки доменной печи необходимо знать основные механические характеристики застывшей леточной массы [1, 2].

Анализ публикаций. Приведенные в литературе данные по значению временного сопротивления при сжатии для леточных масс определялись с существенными ограничениями, влияющими на достоверность информации о механических свойствах. Перед механическими испытаниями образцы массы просто спекались без

предварительного сжатия. В реальных условиях применения леточной массы в доменной печи при попадании в летку она значительно уплотняется в цилиндре машины закрытия летки.

Формирование цели и задач. Автором настоящей работы с целью получения исходных данных для расчета технологических нагрузок, возникающих при вскрытии летки, была поставлена и решена задача по экспериментальному определению предела прочности при сжатии леточной массы с учетом максимально возможного количества факторов [3, 4].

Основная часть. Экспериментальные исследования проводились с учетом ГОСТ 4071.1–94 (ИСО 10059–1–92). Под пределом прочности понимается максимальное усилие, приходящееся на единицу площади поперечного сечения, которую может выдержать образец до разрушения под воздействием одноосной сжимающей нагрузки. Для проведения экспериментальных исследований применялась гидравлическая машина марки FP 100/1, обеспечивающая постепенное и плавное увеличение усилия и оборудованная системой измерения приложенного к образцу усилия с погрешностью не более 2%.

Образцы для испытаний были выполнены кубической формы с длиной ребра 35 мм. Марка испытываемой леточной массы – ЕСОТАР 236ЕF

фирмы TRB. Подготовка образцов проходила следующим образом. Сырая леточная масса помещалась в трубу и при помощи пуансона спрессовывалась до тех давлений, которые достигаются в цилиндре машины для закрытия чугунной летки доменной печи. Затем, полученный фрагмент сырой леточной массы помещался в емкость и засыпался специальной засыпкой во избежание обгорания. Время выдержки в печи – 2 часа, соответствующее времени, проходящему между вскрытиями чугунной летки на большинстве металлургических предприятий СНГ, работающих по графику 12 выпусков в сутки. Температура выдержки – 600 °С. После обжига фрагмент разрезался на образцы кубической формы с длиной ребра 35 мм. Внешний вид образца показан на рисунке 1.

Необходимое количество образцов определялось при помощи следующего выражения [5]:



Рис. 1. Внешний вид образца из леточной массы.

$$n = 1,5 + 0,5 \cdot \left(\frac{z_{1-\beta}(1 + \Delta\sigma) + z_{1-\alpha/2}}{\Delta\sigma} \right), \quad (1)$$

где $z_{1-\beta}$ – квантиль нормированного нормального распределения; $\beta = 0,1$ – вероятность ошибки второго рода; $\alpha = 0,1$ – вероятность ошибки первого рода; $\Delta\sigma = 0,5$ – значение ошибки.

Согласно выражению (1) необходимое количество образцов составило 27 единиц.

В ходе эксперимента было испытано 30 образцов с целью возможного исключения сильно отличающихся результатов. Образцы помещались в испытательную машину как показано на рис. 2 и нагружались равномерно и непрерывно со скоростью $1 \text{ Н}/(\text{мм}^2 \cdot \text{С})$ до разрушения (рис.3). При разрушении образца фиксировалось максимальное усилие, которое к нему прикладывалось.



Рис.2. Размещение образцов в испытательной машине



Рис. 3. Внешний вид разрушенного образца.

Перед разрушением каждый образец замерялся при помощи штангенциркуля для выявления конкретного размера и наиболее точного определения предела прочности леточной массы. Зная усилие разрушения и площадь поперечного сечения образца, предел прочности застывшей леточной массы рассчитывался при помощи следующей зависимости:

$$\sigma = \frac{P}{S}, \quad (2)$$

где P - усилие разрушения образца, Н; S - площадь поперечного сечения образца, м^2 .

Результаты эксперимента необходимо подвергнуть статистической обработке. Первым этапом полученные данные проверяются на соответствие нормальному закону распределения. Для этого был применен критерий согласия W Шапиро-Уилки, применяемый, в случае если количество испытаний менее сорока. Порядок применения указанного критерия следующий [6]: формулируется гипотеза о соответствии распределения генеральной совокупности, из которой получены экспериментальные данные, нормальному распределению; назначается уровень значимости α ; получают выборку объема n независимых измерений; рассчитывается значение выборочной дисперсии; ранжируется выборка, т.е. располагаются выборочные значения в возрастающем порядке; образуют разности Δ_k ; определяются коэффициенты a_{nk} критерия W Шапиро-Уилки; рассчитывается значение критерия W Шапиро-Уилки; сравнивается значение полученного критерия W с критическим критерием для заданного уровня значимости W_{α} , в случае если $W \geq W_{\alpha}$, то можно говорить о соответствии экспериментальных данных нормальному распределению на уровне значимости α , в противном случае закон распределения иной.

В таблице 1 представлены экспериментальные данные, а также данные, необходимые для расчета критерия W Шапиро-Уилки.

Критерий W рассчитывается при помощи выражения:

$$W = \frac{b^2}{(n-1) \cdot S^2}, \quad (3)$$

где $b = \sum_{i=1}^k a_{nk} \cdot \Delta_k$; S^2 - значение выборочной дисперсии; n - количество испытаний.

Основываясь на данных таблицы 1, критерий W Шапиро-Уилки равен 0,994, в то время как критическое значение критерия $W_{0,05} = 0,927$, при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Таким образом, выполняется условие $W \geq W_{\alpha}$ и можно сделать вывод, что распределение экспериментальных данных подчиняется нормальному закону распределения.

По данным, полученным в ходе экспериментальных исследований, была построена гистограмма, показанная на рисунке 4. Здесь красной кривой показана кривая распределения экспериментальных данных. Видно, что распределение значений предела прочности застывшей леточной массы подчиняется нормальному

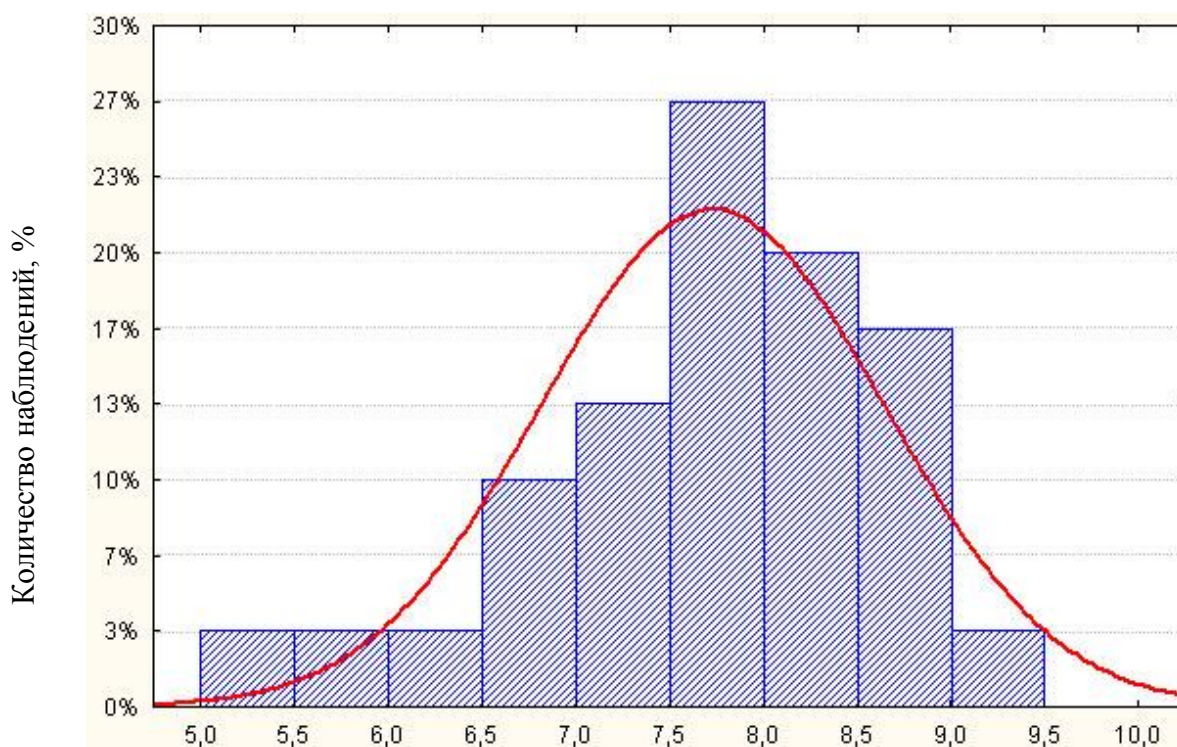
закону распределения величин. Среднее значение предела прочности составило 7,71 МПа, максимальное значение – 9,15 МПа, среднее отклонение – 0,76 МПа.

Таблица 1.

Экспериментальные данные и расчет критерия согласия

№ п/п	σ_n	k	Δ_k	a_{nk}
1	5,434	1	3,718	0,4254
2	5,761	2	3,223	0,2944
3	6,305	3	2,635	0,2487
4	6,764	4	2,169	0,2148
5	6,837	5	1,784	0,187
6	6,97	6	1,648	0,163
7	7,141	7	1,25	0,1415
8	7,166	8	1,156	0,1219
9	7,34	9	0,82	0,1036
10	7,382	10	0,773	0,0862
11	7,552	11	0,548	0,0697
12	7,567	12	0,435	0,0537
13	7,603	13	0,325	0,0381
14	7,763	14	0,159	0,0227
15	7,771	15	0,081	0,0076
16	7,852	Разности Δ_k образуются путем вычитания из максимального значения σ_n минимальное значения σ_1 , затем из σ_{n-1} вычитается σ_2 и т.д.		
17	7,922			
18	7,928			
19	8,002			
20	8,1			
21	8,155			
22	8,16			
23	8,322			
24	8,391			
25	8,618			
26	8,621			
27	8,933			
28	8,94			
29	8,984			
30	9,152			

Таким образом, при расчете энергосиловых параметров бурения чугунной летки доменной печи номинальное значение предела прочности застывшей леточной массы следует принимать равным 7,71 МПа, при учете запаса параметров машины для вскрытия чугунной летки – 9,15 МПа. Известно, что большинство леточных масс имеют предел прочности в диапазоне 0,69-5,12 МПа [3,4], что ниже значений, полученных в ходе эксперимента. Это связано, прежде всего, с тем, что перед испытаниями леточная масса предварительно не сжималась до давлений, создаваемых поршнем машины для закрытия чугунной летки доменной печи.



Интервалы значений предела прочности застывшей леточной массы, МПа

Рис. 4. Гистограмма распределения экспериментальных данных.

Выводы: 1. Выявлено, что предел прочности зависит от предварительного сжатия сырой леточной массы до спекания.

2. При статистической обработке выявлено, что распределение значений предела прочности застывшей леточной массы подчиняется нормальному закону.

3. Определено, что номинальное значение предела прочности застывшей леточной массы ЕСОТАР 236 ЕF фирмы TRB составляет 7,71МПа, максимально возможное значение предела прочности – 9,15 МПа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Селегей А.Н. Определение вращающего момента, прилагаемого к буровому инструменту машины вскрытия чугунной летки доменной печи / А.Н. Селегей // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – №3/1(27) – С.38-40.

2. Селегей А.Н. О динамическом нагружении трансмиссии механизма бурения машин для вскрытия чугунных леток доменных печей / А.Н. Селегей, Ю.А.

Мушенков // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2009. – №3 – С. 141-142.

3. Плискановский С.Т., *Неполадки в работе доменных печей. Предупреждение и устранение* / С.Т. Плискановский, В.В. Полтавец. Днепропетровск: Пороги, 2002. – 301 с.

4. Разработка высокоплотной леточной массы.// *Информация для руководящего состава*. -1997. № 39-40. С. 8-9.

5. Степнов М.Н. *Статистическая обработка результатов механических испытаний* / М.Н. Степнов. М.: «Машиностроение», 1972. – 232 с.

6. Иванов В.С. *Основы математической статистики* / В.С. Иванов. М.: «Физкультура и спорт», 1990. – 176 с.

УДК 666.983

В. А. ПЕНЧУК, докт. техн. наук, В. Б. ЛУКЬЯНЕЦ, магистр
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ГРАВИТАЦИОННЫЕ БЕТНОСМЕСИТЕЛИ МОЖНО ЭФФЕКТИВНО МОДЕРНИЗИРОВАТЬ

Актуальность работы. В настоящее время гравитационные бетоносмесители объемом барабана от 110 до 300 литров находят самое широкое применение на многих стройках. Их очевидное достоинство простота конструкции и мобильность. Если современные предприятия, выпускающие бетонные изделия, чаще всего применяют смесители принудительного действия, тона небольших стройках применение гравитационных смесителей экономически оправдано.

Анализ публикаций. По теории работы гравитационных бетоносмесителей написаны десятки работ, в которых достаточно обосновано приводятся данные о достоинствах и недостатках смесителей данного типа [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Системный анализ указанных работ позволил четко установить несомненные достоинства гравитационных смесителей:

- простота конструкции и высокая надежность;
- низкая удельная металлоемкость и энергоемкость;
- быстрая и полная разгрузка смесителей.