

Выводы. Для условий шахты “Шахтерская-Глубокая” наилучшей комбинацией технических решений, обеспечивающих реализацию предложенного способа при котором уменьшается величина горизонтальной и вертикальной конвергенции в выработке на 50% является совмещение ситуации 4 и варианта 6, описанных в данной работе. Рекомендуемые параметры способа: арочная податливая крепь + дополнительно установлены: один анкер ($l_a = 3$ м) со стороны падения на высоте 2 м от почвы под углом 30^0 к горизонтали; второй анкер со стороны восстания на высоте 3 м от почвы под углом 135^0 и третий в кровле со смещением от оси выработки в сторону падения на 0,5 м под углом 75^0 , со стороны будущей лавы в раскосе установлено ограждение из железобетонных плит шириной 2,5 м.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Сдвіжковою О.А.
Надійшла до редакції 07.04.10*

УДК 622.647.2

© Р.В. Кирия, Д.Д. Брагинец

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУНКЕРА С БОКОВЫМ ЩЕЛЕВЫМ ВЫПУСКНЫМ ОТВЕРСТИЕМ С ПОМОЩЬЮ ВИБРАЦИИ

На основе теории виброразрежения получен эффективный коэффициент внутреннего трения сыпучего груза в зависимости от параметров вибрации. Показано, что при боковой вибрации бункера с боковым щелевым выпускным отверстием можно существенно увеличить производительность выпуска груза из бункера.

На основі теорії віброзріджування одержано ефективний коефіцієнт внутрішнього тертя сипких вантажів залежно від параметрів вібрації. Показано, що при боковій вібрації бункера з боковим щілинним випускним отвором можна істотно збільшити продуктивність випуску вантажу з бункера.

On the basis of theory of vibrosignify the effective coefficient of internal friction of friable loads depending on the parameters of vibration is got. It is shown, that during lateral vibration of bunker with a lateral crack tape-hole it is possible substantially to multiply efficiency of output of load from a bunker.

Вступление. В перегрузочных узлах подземных ленточных конвейеров угольных шахт получили применение усредняющие бункеры с боковым щелевым отверстием. Эти бункеры, по сравнению с бункерами с горизонтальным щелевым выпускным отверстием, легче в управлении, так как нагрузка на регулируемую заслонку значительно меньше. Поэтому они могут быть эффективно использованы для усреднения грузопотоков, поступающих от высоконагруженных лав угольных шахт.

Однако, как показали исследования [1-2], коэффициент расхода у этих бункеров в три раза меньше по сравнению с бункером с горизонтальным щелевым выпускным отверстием с той же шириной отверстия.

Основной причиной снижения производительности бункера с боковым щелевым выпускным отверстием является образование застойной зоны сыпуче-

го груза на дне бункера в виде треугольной призмы (рис. 1). При этом производительность бункера существенно зависит от угла φ_0 , образованного верхней границей застойной зоны с дном бункера. С уменьшением φ_0 производительность разгрузки бункера с боковым щелевым отверстием увеличивается.

Угол наклона верхней границы застойной зоны φ_0 можно уменьшить с помощью вибровоздействия на нее, и тем самым увеличить производительность разгрузки бункера.

Вопросами увеличения производительности разгрузки бункеров с помощью вибровоздействия на сыпучий материал посвящены следующие работы [3 - 5].

В работе [3] рассмотрены различные конструкции вибропобудителей, даны рекомендации по их применению для различных сыпучих материалов и размещению вибропобудителей в бункерах. Приведены параметры вибропобудителей в зависимости от вместимости бункеров. Однако в книге не приведены теоретические зависимости изменения производительности разгрузки бункера в зависимости от параметров вибровоздействия.

В работе [4] экспериментально определена производительность разгрузки бункера в зависимости от параметров вибровоздействия и характеристик сыпучего материала. Приведены результаты экспериментов для песка и гравия.

В работе [5] приведены принципиальные схемы, область применения и перспективы использования вибрационных бункерных устройств. Приведен расчет производительности разгрузки бункера в зависимости от параметров вибрации, однако механизм истечения сыпучего груза из бункера рассматривался без учета законов движения сыпучей среды в зонах динамического свода и свободного обрушения.

Таким образом для бункеров с боковым выпускным отверстием не существует научно обоснованных закономерностей изменения производительности разгрузки бункеров от характеристик вибровоздействия.

Целью статьи является определение направления и параметров вибрационного воздействия на бункер при которых максимально увеличивается производительность разгрузки бункера с боковым выпускным отверстием.

Задача исследований ставилась: установить теоретические зависимости расхода сыпучего груза из бункера с боковым выпускным отверстием от направления и величины параметров вибровоздействия.

Изложение основного материала исследований. Рассмотрим истечение сыпучего груза из прямоугольного бункера с боковым щелевым выпускным отверстием шириной a и длиной b ($b > a$) (см. рис. 1).

Согласно работе [1], коэффициент расхода η сыпучего груза из бункера с боковым щелевым выпускным отверстием

$$\eta = \frac{\delta \eta_0}{\sqrt{\delta^2 + k^2 K_1 K_2}}, \quad (1)$$

$$\text{где } \eta_0 = \frac{2}{3} \cos \varphi_c \sqrt{\frac{2(\chi' + \operatorname{tg} \varphi_c)}{K_1 + \operatorname{tg} \varphi_c}}; \quad \delta = \frac{a}{d}; \quad \varphi_c = \frac{\varphi_0 + 90^\circ}{2};$$

$$K_1 = \frac{1}{2} \left(f + \sqrt{1 + f^2} \right); \quad \chi' = f + \frac{1}{f} - \sqrt{1 + f^2}.$$

Здесь k – кинетический коэффициент, характеризующий потерю механической энергии потока сыпучего груза в результате столкновения частиц ($k = 10-13$); K_2 – некоторый безразмерный коэффициент, зависящий от условий истечения сыпучего груза из бункера (прямое или боковое истечение сыпучего груза из бункера) и определяемый из эксперимента; d – средний диаметр частицы сыпучего груза; φ_c – некоторое среднее значение угла выхода струи сыпучего груза из выпускного отверстия бункера, град; φ_0 – угол наклона границы неподвижной зоны ко дну бункера, град; f – коэффициент внутреннего трения сыпучего груза.

При этом производительность бункера определяется по формуле

$$Q = \eta_0 b a^{1,5} \sqrt{g}.$$

Из формулы (1) видно, что коэффициент расхода сыпучего груза из бункера с боковым щелевым отверстием зависит от коэффициента внутреннего трения и угла φ_0 . Так как угол φ_0 зависит от коэффициента внутреннего трения f , то и максимальный коэффициент расхода η_0 зависит от коэффициента внутреннего трения f .

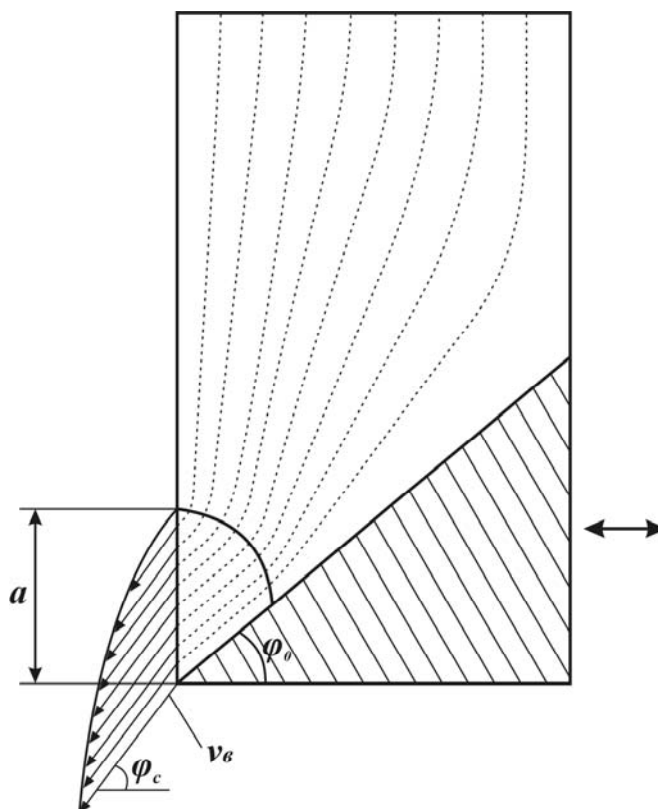


Рис. 1. Зоны структурно-механического состояния сыпучего груза при его истечении из бункера с боковым щелевым выпускным отверстием

Как известно, вибровоздействие на сыпучий материал позволяет уменьшить его коэффициент внутреннего трения [6, 7].

Для оценки влияния вибрации на истечение сыпучего груза из бункера с боковым щелевым выпускным отверстием рассмотрим наклонную виброплоскость с углом наклона к горизонту α (рис. 2).

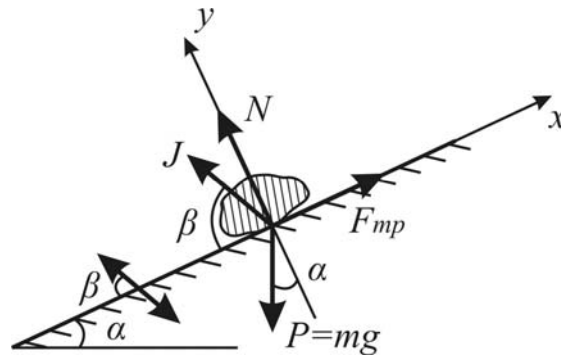


Рис. 2. Расчетная схема движения частицы сыпучего груза по виброплоскости

На виброплоскости находится частица сыпучего груза массой m , на которую действуют сила тяжести P , инерционная сила со стороны виброплоскости J под углом наклона к виброплоскости β , нормальная сила реакции со стороны виброплоскости и сила трения на частицу со стороны виброплоскости F_{mp} .

Уравнение движения частицы под действием указанных сил в проекциях на свои координат (см. рис. 2) имеет вид

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -J \cos \beta - mg \sin \alpha + F_{mp}, \\ m\ddot{y} = N - mg \cos \alpha + J \sin \beta, \end{cases} \quad (2)$$

где $J = mA\omega^2 \sin \omega t$

Здесь A и ω – амплитуда и частота колебаний виброплоскости соответственно.

Если частица начинает скользить по виброплоскости, не отрываясь от нее, то $\ddot{x} = 0$, $\ddot{y} = 0$ и $N > 0$.

Подставляя последнее условие в (2), с учетом, что $F_{mp} = fN$, и полагая что $\omega t = \frac{\pi}{2}$, после преобразования получим уравнение, определяющее эффективный угол внутреннего трения сыпучего груза при воздействии на него вибрации:

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = f - \frac{A\omega^2 \sin \beta}{g \cos \alpha_3} (f + \operatorname{ctg} \beta), \quad (3)$$

Полагая, что вибрация происходит в режиме виброкипения, т.е. выполняется условие [7]

$$0 < \frac{A\omega^2 \sin \beta}{g \cos \alpha_3} < 1.$$

Определяя α_3 из уравнения (3), получим эффективный коэффициент внутреннего трения сыпучего груза при воздействии на него вибрации

$$f_{\vartheta} = \operatorname{tg}\alpha_{\vartheta}. \quad (4)$$

Предположим, что вибрация в бункере направлена вертикально, т.е. $\beta = 90^{\circ} + \alpha_{\vartheta}$. Подставим β в (3), получим

$$\operatorname{tg}\alpha_{\vartheta} = f + \frac{A\omega^2 \cos\alpha_{\vartheta}}{g \cos\alpha_{\vartheta}} (f - \operatorname{tg}\alpha_{\vartheta}). \quad (5)$$

После преобразования выражения (5), с учетом (4), имеем

$$(f_{\vartheta} - f) \left(1 + \frac{A\omega^2}{g} \right) = 0.$$

Последнее уравнение имеет единственное решение при $f_{\vartheta} = f$.

Следовательно, если вибрация бункера с боковым щелевым выпускным отверстием направлена вертикально, то коэффициент внутреннего трения сыпучего груза не изменяется и остается равным коэффициенту внутреннего трения без воздействия вибрации.

Предположим, что вибрация бункера направлена горизонтально. Тогда, полагая в (3) $\beta = \alpha_{\vartheta}$, получим

$$\operatorname{tg}\alpha_{\vartheta} = f - \frac{A\omega^2}{g} (1 + f \operatorname{tg}\alpha_{\vartheta}). \quad (6)$$

Полагая в (6) $\frac{A\omega^2}{g} = w$, после преобразования получим

$$f_{\vartheta} = \operatorname{tg}\alpha_{\vartheta} = \frac{f - w}{1 + fw}. \quad (7)$$

Подставив вместо f в формуле (7) $\operatorname{tg}\varphi_0$, получим тангенс угла наклона границы застойной зоны при воздействии на бункер вибрации в горизонтальном направлении

$$\operatorname{tg}\varphi_{\vartheta} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_0 - w}{1 + w \operatorname{tg}\varphi_0}, \quad (8)$$

где φ_{ϑ} – угол наклона границы застойной зоны в бункере при воздействии на нее вибрации в горизонтальном направлении, град.

Так как вибрация в сыпучей среде быстро затухает, особенно если сыпучая среда находится в подвижном состоянии, то коэффициент внутреннего трения f в процессе истечения сыпучего груза из бункера практически не меняется.

Под действием вибрации существенно изменяется угол φ_0 наклона границы неподвижной области к дну бункера (см. рис. 1).

Подставляя вместо φ_0 формуле (1) φ_{ϑ} из (8), получим коэффициент расхода сыпучего груза при истечении его из бункера с боковым щелевым выпускным отверстием при воздействии на него вибрации в горизонтальном направлении.

На рис. 3 показан график зависимости η от w при значениях $f = 0,7$, $\varphi_0 = 45^\circ$, $\varphi_c = 70^\circ$, $k = 12$, $K_2 = 0,5$ и различных $\delta = 10; 20; 50$, что соответствует кривым 1, 2, 3.

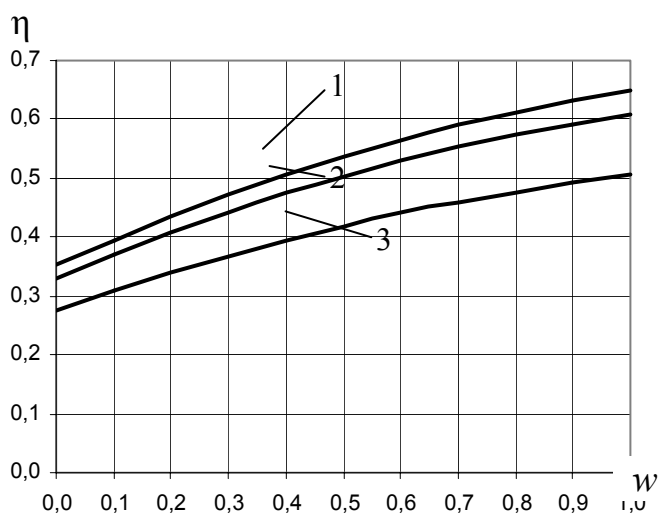


Рис. 3. График зависимости коэффициента расхода сыпучего груза из бункера η от параметра вибрации w

Из графиков видно, что коэффициент расхода η с увеличением w увеличивается, а с увеличением диаметра частиц, т.е. с уменьшением δ , уменьшается, и для мелких грузов, т.е. при $\delta \geq 50$ (кривая 3), может достичь $\eta = 0,66$ при $w = 1$, что на 50 % больше от значения $\eta = 0,34$ при $w = 0$.

Таким образом, проведенные исследования позволили сделать **вывод** о том, что при боковой вибрации производительность истечения сыпучего груза из бункера с боковым щелевым выпускным отверстием повышается примерно на 42-50 %. В то же время при вертикальной вибрации производительность истечения сыпучего груза из бункера не изменяется.

Список литературы

1. Кирия Р.В. К вопросу об истечении сыпучего груза из бункера со щелевым отверстием / Р.В. Кирия, В.Ю. Максютенко, Д.Д. Брагинец, Б.И. Мостовой // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАНУ. - Днепропетровск, 2008 - Вып. 80. - С. 351-362.
2. Кирия Р.В. Истечение сыпучего груза из бункера с боковым щелевым отверстием / Р.В. Кирия, Д.Д. Брагинец, Б.И. Мостовой // Сборник научных трудов Национального горного университета. - Днепропетровск. - 2009. - № 34. - С. 114-122.
3. Макеев А.В. Исследование влияния вибрации на пропускную способность бункеров // Известия вузов. Горный журнал. - 1970. - №1. - С. 31-35.
4. Гончаревич И.Ф., Сергеев П.А. Вибрационные машины в строительстве основы теории, проектирования, расчета. - М.: Матгиз, 1963. - 311с.
- 5 Варсанюфьев В.Д. Вибрационные бункерные устройства на горных предприятиях. - М.: Недра, 1987. - 183 с.
6. Потураев В.Н. Вибрационные транспортирующие машины / В.Н. Потураев, В.П. Франчук, А.Г. Червоненко. - М.: Машиностроение, 1964. - 271 с.
7. Блехман И.И. Что такое вибрация ? - М.: Наука, 1988. - 208 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ширінім Л.Н.
Надійшла до редакції 22.03.2010*