

УДК 621.928.23

DOI: 10.21440/0536-1028-2018-5-102-110

ИССЛЕДОВАНИЕ, ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНОГО ВИБРАЦИОННОГО ПИТАТЕЛЯ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

ЛЯШЕНКО В. И., ДЯТЧИН В. З., ФРАНЧУК В. П.

Представлены основные научные и практические результаты исследования, динамического расчета и совершенствования малогабаритного вибрационного питателя для подземных горных работ и на его основе разработка технических средств для горнорудной промышленности. Описаны методы теоретических обобщений, физическое и математическое моделирование, выполнение расчетов и технико-экономических обоснований, лабораторные и натурные экспериментальные исследования, промышленные испытания в условиях действующих предприятий по стандартным и новым методикам. Предложены математическое моделирование и расчет параметров малогабаритного вибрационного питателя типа ПВГ. Рекомендовано при выборе динамических параметров питателя использовать коэффициент вибротранспортирования, который принимают в пределах (1,5–3,5)g, а при тяжелых режимах нагружения – до 5g. Показано, что по сравнению со скреперной доставкой горной массы применение питателя позволяет повысить производительность труда при погрузке в 3,5–5,0 раз и снизить себестоимость работ по выпуску и погрузке руды из рудоспусков на 35–40 %. Рекомендован параметрический ряд малогабаритных вибропитателей типа ПВГ, который охватывает широкий диапазон производительности погрузки от 150 до 1500 т/ч при длине транспортирования от 1,5 до 7,0 м с объемом выпуска горной массы с одного пункта погрузки от 50 до 1500 тыс. т.

Ключевые слова: подземные горные работы; выпуск руды; малогабаритные вибрационные питатели; эффективность работ.

Введение. Выпуск и доставка отбитой горной массы являются одними из наиболее трудоемких процессов технологии подземной добычи рудных полезных ископаемых. Трудоемкость выпуска и доставки руды составляет около 50 % общих трудозатрат по системе разработки. Применяемые ранее гравитационный выпуск и доставка руды скреперными лебедками и машинами с нагребающим погрузочным органом не в полной мере отвечает требованиям, предъявляемым к механизмам для выпуска кусковой руды, так как имеют ограниченную зону воздействия на откос и большое количество зависаний выпускаемой из дучек и других аккумулирующих емкостей руды. Существенное отличие вибровыпуска от гравитационного заключается в том, что применяемые машины активно воздействуют на горную массу, в результате чего она приобретает свойство текучести. Поэтому исследование и динамический расчет малогабаритного вибрационного питателя для подземных горных работ и на его основе разработка вибропитателей для горнорудной промышленности, обеспечивающих высокую надежность в работе, повышение эффективности выпуска и доставки руды – важная научная и практическая задача, требующая решения [1–8].

Ляшенко Василий Иванович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, начальник научно-исследовательского отдела. 52204, Днепропетровская обл., г. Желтые Воды, пр. Свободы, 37, ГП «УкрНИПИИПромтехнологии». E-mail: ipt@iptzw.dp.ua

Дятчин Владимир Захарович – кандидат технических наук, доцент кафедры менеджмента и социальной работы. 52204, Днепропетровская обл., г. Желтые Воды, ул. Гагарина, 43, Институт предпринимательства «Стратегия». E-mail: dsveta49@mail.ru

Франчук Всеволод Петрович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры горных машин и комплексов. 49005, г. Днепр, пр. Дмитрия Яворницкого, 19, Национальный технический университет «Днепропетровская политехника». E-mail: franchuk@nmu.org.ua

Методика исследований. Для решения поставленных задач проведен анализ литературных источников, использованы методы теоретических обобщений с применением математической статистики, физическое и математическое моделирование, выполнены расчеты и технико-экономические обоснования, проведены лабораторные и натурные экспериментальные исследования, промышленные испытания в условиях действующих предприятий по стандартным и новым методикам.

Обсуждение результатов исследований. Исследованием вибровыпуска и созданием вибромашин для нужд горнодобывающей промышленности длительное время занималась лаборатория механизации производственных процессов ГП «УкрНИПИИПромтехнологии». За более чем сорокалетний период существования лаборатории создан параметрический ряд стационарных вибрационных питателей типа ПВГ, отвечающих основным горно-геологическим и горнотехническим условиям обработки месторождений подземным способом (таблица) [9].

Техническая характеристика малогабаритных вибрационных горных питателей

Показатель	Выпуск руды из рудоспусков и бункеров		
	ПВГ-1,0/2,2	ПВМ-1,0/2,3	ПВМ-1,0/1,5
Производительность, т/ч	400–600	250–350	150–250
Длина транспортирования, м	2,2	2,4	1,5
Ширина лотка, м	1,0	1,0	1,0
Частота колебаний, Гц	16	47	47
Вынуждающая сила, кН	28–38	16–30	16–30
Мощность привода, кВт	7,5	1,5	1,5
Габаритные размеры, м			
длина	2,3	2,3	1,5
ширина	1,4	1,2	1,2
высота	0,8	0,6	0,5
Масса, кг	1000	425	320
Объем выпуска руды одной машиной, тыс. т	250	50	50

Математическое моделирование и расчет параметров вибрационного питателя. Питатели со сложным движением рабочей поверхности применяются двух типов – с одним двухвальным вибратором, установленным параллельно рабочей плоскости, и двумя вибраторами, установленными под углом к рабочей поверхности и имеющими разное направление вектора возмущающего усилия (рис. 1).

Конструктивное исполнение вибратора таково, что он обеспечивает направленное возмущающее усилие P и возмущающий момент $M_{\text{пов}}$:

$$P = 2m_0 r \omega^2 \sin(\omega t); \quad M_{\text{пов}} = m_0 r \omega^2 B_1 \cos(\beta) \sin(\omega t),$$

где m_0 – масса дебалансного груза; r – расстояние от оси до центра тяжести дебалансного груза; ω – частота вынужденных колебаний; B_1 – расстояние между валами дебалансов; β – угол наклона вектора возмущающей силы к плоскости рабочей поверхности; t – время.

Под действием силы P , направленной через центр тяжести питателя под углом β к его рабочей поверхности и момента $M_{\text{пов}}$, питатель будет совершать прямолинейные колебания вдоль оси x и поворотные φ вокруг центра тяжести. Используя

принцип Даламбера, получим дифференциальные уравнения, описывающие линейные и поворотные колебания питателя:

$$\begin{aligned} M\ddot{x} + c_1x &= 2m_0r\omega^2 \sin \omega t; \\ I\ddot{\varphi} + c_1l^2\varphi &= m_0r\omega^2 B_1 \cos\beta \cos\omega t, \end{aligned} \quad (1)$$

где $M = m + m_0$ – приведенная масса рабочего органа и привода; m_0r – кинетостатический момент дебаланса; $l = l/2$ – расстояние от центра тяжести до упругой опоры.

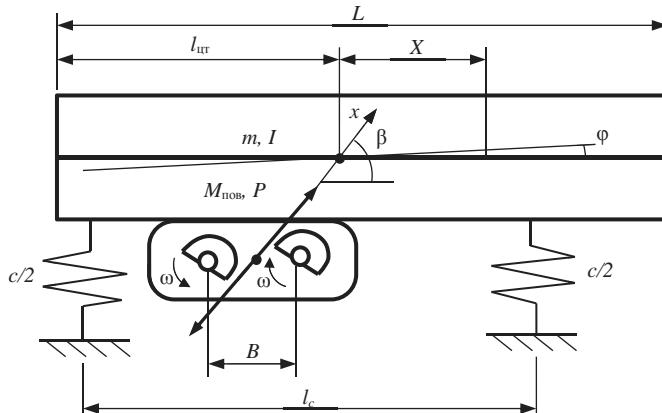


Рис. 1. Расчетная схема малогабаритного вибропитателя:
 I – момент инерции рабочего органа с учетом привода; m – масса рабочего органа и привода; β – угол направления линейных колебаний; ω – круговая частота вынужденных колебаний; x и φ – линейные и поворотные колебания рабочего органа; c – жесткость упругих связей; L – длина рабочего органа; X – расстояние от центра тяжести до искомой точки на рабочей поверхности питателя; $l_{ит}$ – расстояние от места загрузки до центра тяжести; l_c – расстояние между упругими опорами; B – расстояние между осями дебалансов

Диссипацию энергии будем учитывать по аналогии с [1] в виде комплексного числа, связанного с жесткостью упругих связей:

$$c_1 = c(1 + i\psi), \quad (2)$$

где c – суммарная жесткость упругих опор; ψ – коэффициент диссипации энергии, i – мнимая единица.

Подставляя значение c_1 из (2) в уравнения (1), разделив их соответственно на M и I , получим зависимости

$$\begin{aligned} \ddot{x} + p_x^2(1 + i\psi)x &= q_x\omega^2 \sin(\omega t); \\ \ddot{\varphi} + p_\varphi^2(1 + i\psi)\varphi &= q_\varphi\omega^2 \cos(\omega t), \end{aligned}$$

где p_x, p_φ – частоты собственных линейных и поворотных колебаний питателя:

$$p_x = \sqrt{c/M}; \quad p_\varphi = \sqrt{cl^2/I}, \quad (3)$$

q_x, q_φ – удельные коэффициенты возмущающих нагрузок: