

УДК 622.646: 621.86.067.2: 62.83

Д.В. БАТРАКОВ, ассистент ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

## ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ ПИТАТЕЛЕЙ ДЛЯ ВЫПУСКА РУДЫ В УСЛОВИЯХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ШАХТ КРИВОРОЖСКОГО БАСЕЙНА

Проведен анализ вибрационного выпуска руды в условиях железорудных шахт Криворожского бассейна. Приведены описания, теоретические и технико-эксплуатационные показатели вибромашин и выполнено их сравнение. Определены преимущества и недостатки применяющихся вибротранспортных машин. Установлено, что вибропитатели не в полной мере отвечают требованиям эксплуатации. Обоснована актуальность повышения эффективности работы вибропитателей и их электропривода.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Количество запасов железной руды в Криворожском железорудном бассейне (Кривбассе) составляет около 70 % от общих запасов Украины. Значительная часть запасов залегает до глубины 2500 м, причём более 1 млрд т составляют запасы богатых железных руд до глубины 2000 м [1,2]. В условиях железорудных шахт Кривбасса подземная отработка запасов полезных ископаемых проводится системами с поэтажным и этажным обрушением, а также этажно-камерными системами, которые достаточно хорошо приспособлены к механизации основных технологических процессов, таких как бурение скважин, их зарядка, выпуск и доставка руды [2]. Одним из наиболее трудоемких звеньев в этих системах является выпуск руды, затраты на который составляют до 25 % [3,4], что обуславливается несовершенством механизмов для выпуска и доставки, геометрии выпускных выработок, значительным объемом работ по выпуску руды и ее вторичному дроблению. Выработка залежей полезных ископаемых связана с переходом на значительные глубины, где в связи с проявлениями горного давления затраты на поддержание выработок днища блока резко сказываются на трудоемкости процесса и себестоимости руды, что предъявляет повышенные требования к интенсификации и концентрации работ по выпуску горной массы. В целях улучшения качества очистных работ широко применяются вибрационные питатели для выпуска горной массы из блоков и рудосвалочных восстающих (рудоспусков) и доставки ее в пределах очистного забоя. Параметры и конструктивные схемы вибромашин, применяющиеся в условиях шахт Криворожского бассейна, в недостаточной степени приведены в соответствие с конкретными горными условиями, что понижает эффективность их применения. Электропривод вибрационных установок является нерегулируемым, вследствие чего отсутствует возможность регулирования параметрами работы и адаптации оборудования к горным условиям. Таким образом, повышение эффективности работы вибропитателей и их электропривода является актуальной научно-практической задачей. Одним из первых этапов решения данной задачи является анализ применения вибрационных питателей для выпуска руды в условиях железорудных шахт Кривбасса.

**Анализ исследований и публикаций.** Исследования возможностей выпуска материалов с помощью вибрационных устройств начали проводиться с 1957 г. в ИГД им. А.А. Скочинского и ИГД СО АН СССР. Значительный вклад в усовершенствование конструкций и развитие вибротехники внесли ученые Спиваковский А.О., Потураев В.Н., Блехман И.И., Тишков А.Я., Гончаревич И.Ф., Червоненко А.Г., Учитель А.Д., Каварма И.И. и другие [3-6]. Полученные положительные результаты исследований послужили основой для создания целого ряда вибротранспортных машин многими организациями в период с 1962 по 1985 гг..

**Изложение материала и результаты.** При скреперной доставке трудоемкость работ по выпуску и доставке горной массы мощными скреперными установками составляла для различных рудников от 27 до 48% от полных трудовых затрат на добычу. Сменная производительность труда рабочего при этом находилась в пределах 140-230 т, достигая на лучших рудниках 380 т. Работы по выпуску и доставке горной массы были крайне опасны в отношении травматизма [3].

Применение вибрационных питателей и доставочных конвейеров позволило увеличить производительность труда на выпуске и доставке руды в 1,2-5,5 раза и снизить объем подготовительно-нарезных работ в 1,1-2,8 раза [4]. При эксплуатации скреперных установок в Кривбассе месячная производительность очистного забоя составляла в среднем 10-11 тыс. т.

Внедрение вибровыпуска без существенного изменения организации работ обеспечило выдачу с одного забоя 25-28 тыс. т и более. Применение вибровыпуска позволило резко повысить интенсивность очистных работ, уменьшить разубоживание и потери в недрах.

На рудниках Кривбасса, в зависимости от системы разработки, применяют два основных способа вибрационного выпуска руды из блока на основной горизонт. Вибропитателями ВДПУ-4ТМ, ПВУ - непосредственно из блока, с последующей погрузкой руды в транспортные средства при этажной, этажно-камерной, камерной системах разработки. Вибролюками 1АШЛ, ЛШВ-3,35 из рудоспусков при подэтажной, подэтажно-камерной системах разработки.

Виброустановка ВДПУ-4ТМ является простейшим вибрационным механизмом (разработка 1962-1966 гг.), основанным на принципе вибропобуждения, при котором жёсткой платформе, установленной наклонно в днище блока, сообщаются колебания с помощью вибровозбудителя с асинхронным электроприводом. В находящейся на платформе руде уменьшаются силы трения и сцепления, поэтому руда приобретает подвижность и перемещается в направлении откаточной выработки. При этом, производительность существенно зависит от угла наклона платформы (рис. 1). В условиях шахт Кривбасса ВДПУ-4ТМ используется в течение 40 лет.

Вибромашина - это многофункциональный механизм, выполняющий операции: вибрационной обработки обрушенной руды с целью придания ей свойств текучести; выпуск руды, включая восприятие значительного давления из-под завала; доставку руды в пределах длины грузонесущего органа; погрузку ее в транспортные средства. Важными вопросами являются: способ воздействия на обрушенную руду, выбор оптимальной структурной схемы и конструктивные особенности вибромашины.

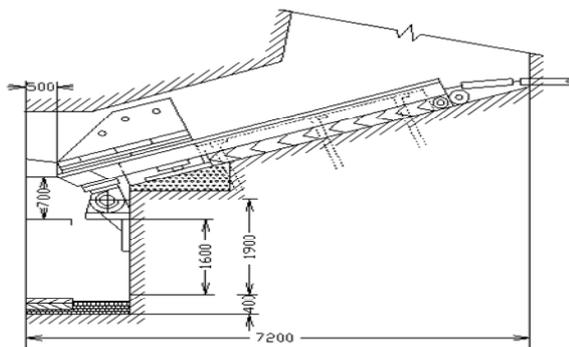


Рис. 1. Вибрационная погрузочно-доставочная установка ВДПУ-4ТМ («Сибирячка»)

Для совершенствования вибромашин и повышения эффективности их применения научными организациями и предприятиями был выполнен комплекс работ (1970-1983 гг.), направленных на создание и освоение новых высокоэффективных вибропитателей, по своим параметрам пригодных для эксплуатации в самых различных условиях.

С применением вибротранспортных машин с направленными колебаниями грузонесущего органа разработчики связывали качественное повышение показателей выпуска руды и устранение недостатков вибромашин [3-6]. Некоторые из разработок были апробированы в промышленных условиях. Технические характеристики вибропитателей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики вибропитателей

Показатели	Тип			
	ВДПУ-4ТМ	ВВДР-5	ПВРА-4,5/1,4	ПВУ
Мощность электродвигателя, кВт	22	22	30	21
Угол установки, град	15-25	0-20	5-15	0-10
Размеры грузонесущего органа, мм:				
Ширина/ глубина	1240	1700/100	1400/370	1200/600
Габаритные размеры, мм:				
Длина/ширина/высота	6300/2500/715	6000/1700/1380	4650/1690/1105	5000/1790/935
Вибрационные параметры				
Частота колебаний, с <sup>-1</sup>	150	101	136	150
Возбуждающее усилие, кН	90	150	125	150
Масса, т	4,8	6,0	4,5	4,5

Данными вибропитателями (табл. 1) осуществлялось около 95 % вибровыпуска из блока.

Оценка фактических технико-эксплуатационных показателей машин [4] осуществлялась в ходе хронометражных наблюдений за выпуском руды в течение 3 мес в условиях блока, обрабатываемого системой этажной принудительной обрушения с массовой отбойкой сухой

руды, крепостью 10-14 по шкале М.М. Протодяконова, с большим процентом выхода крупной фракции и дальнейшей погрузкой в глухие вагонетки емкостью 4,5 м<sup>3</sup>. Общее время на погрузку вагона включает погрузку, перестановку, замену вагона и правку бутов. Результаты этой работы представлены в табл. 2.

Таблица 2

Технико-эксплуатационные показатели вибромашин

Тип вибромашин	Погружено вагонов, шт.	Общее время на погрузку вагона, с	Расход ВВ, кг/т	Удельное количество зависаний, на 1000 т
ВДПУ-4ТМ	514	76,6	0,097	6,357
ВВДР-5	508	70,5	0,108	9,233
ПВРА-4,5/1,4	591	80,2	0,07	6,116
ПВУ	655	65,1	0,068	6,322

средств защиты от просыпи и использование в приводе лепестковой муфты вместо клиноремённой передачи позволяют считать ПВУ более совершенным в конструктивном отношении и с наилучшими санитарно-гигиеническими показателями работы (концентрация пыли, эквивалентный уровень звука), более низкими приведенными затратами. Однако, существенным недостатком ПВУ является наибольшая стоимость установки, значительные капитальные затраты на подготовительно-монтажные и наладочные работы, а также эксплуатационные затраты, которые в 1,5-2 раза больше чем на ВДПУ-4ТМ. При эксплуатации вибропитателей ПВУ объем выпуска на питатель достигал 160 тыс.т (опыт шахты им. Ленина).

После отработки запасов блока все машины переводились на новые участки работы.

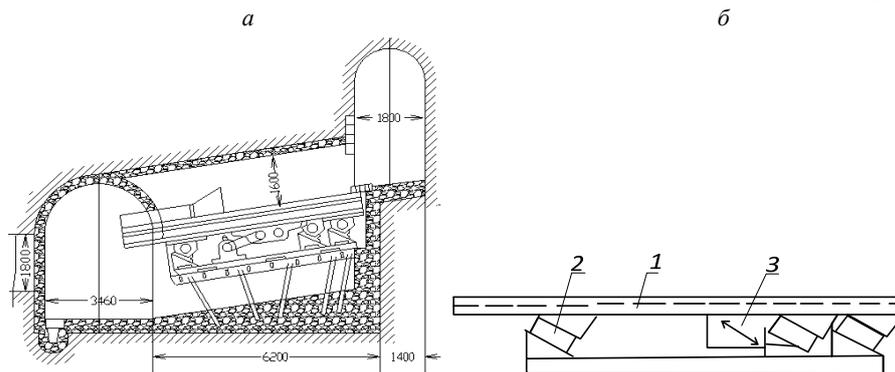


Рис. 2. Вибропитатель ВВДР-5 а и его структурная схема б

Вибропитатель ВВДР-5 (рис. 2). представляет собой резонансную одномассную колебательную систему с выносом источника колебаний к завалу для улучшения процесса выпуска. Грузонесущий орган 1 свободно опирается на установленные под углом резиновые упругие элементы 2. Для учета условий работы под завалом в задней части установлены две пары упругих элементов. Двухвальный инерционный вибровозбудитель 3 смещен в сторону завала и соединен с электродвигателем через клиноремённую передачу. Конструкция питателя не предусматривала средств защиты от просыпи горной массы и не приспособлена для извлечения с целью повторного использования.

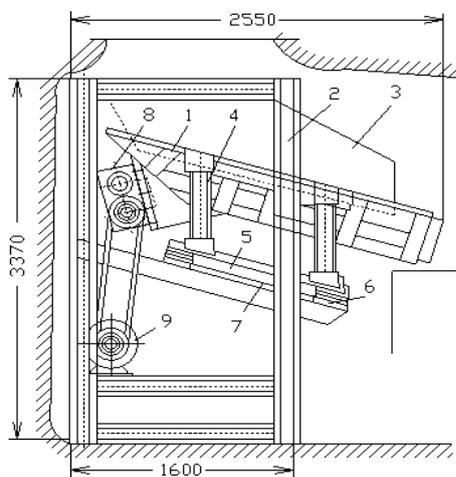
Резонансный одномассный вибропитатель ПВРА-4\*5/1,4 имел упругие связи, выполненные в виде пары резиновых элементов, между которыми зажат кронштейн грузонесущего органа. Приводится от трехвального инерционного вибровозбудителя, возмущающая сила которого проходила через центр инерции машины. Машина имела средство защиты от просыпи и допускала перестановки. Вибровозбудитель через клиноремённую передачу соединен с электродвигателем.

Общей особенностью ВВДР-5 и ПВРА-4\*5/1,4 являлась попытка совместить в одном механизме функции вибрационной обработки обрушенной руды, выпуска, доставки и погрузки.

Таким образом было отдано предпочтение резонансным одномассным колебательным системам с резиновыми упругими связями и инерционным вибровозбудителем колебаний. Достоинствами являются возможность максимального использования энергии привода,

простота конструкции, высокая нагрузочная способность, простота монтажа и эксплуатации. Инерционный привод обеспечивает стабильную работу вне зависимости от массы нагрузки и в данной системе могут быть успешно совмещены функции виброобработки обрушенного массива, выпуска, доставки и погрузки руды. Недостатком одномассной схемы является передача значительных динамических нагрузок на фундамент.

При выпуске руды из рудоспусков широкое применение нашли вибролюки АШЛ (рис. 3), реже ВПР-4М, разработанные в 1965-1975 гг. Вибролюки имели много недостатков.



**Рис. 3.** Вибролюк АШЛ: 1 – лоток; 2 – монтажная рама; 3 – течка; 4 – рессорный пакет; 5 – реактивная рама; 6 – виброизолятор; 7 – опорная рама; 8 – вибратор; 9 – электродвигатель

Вибролюк АШЛ с амплитудой колебаний 1 мм недостаточно эффективно транспортировал липкую руду. При эксплуатации высокоамплитудного вибролюка ВПР-4М при погрузке крепкой крупнокусковой руды значительная часть её просыпалась мимо вагона. Машины не обладали достаточной эксплуатационной надежностью. В связи с отмеченными выше недостатками назрела необходимость замены вибролюков более совершенной конструкцией. Цикл специальных исследований по этому вопросу, направленных на выявление и оценку конструктивных различий, позволил создать вибролюк

1АШЛ с высокой степенью унификации с вибропитателем ПВУ.

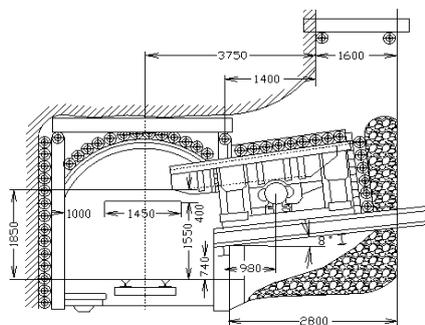
В табл. 3 приведена сравнительная характеристика вибролюков.

Таблица 3

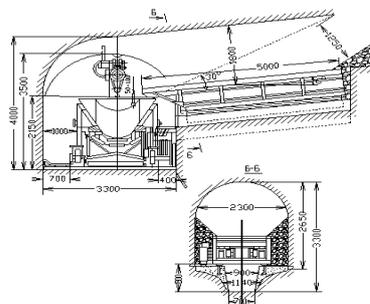
Сравнительные технико-экономические показатели вибролюков

Показатели	Тип вибролюка		
	1АШЛ	АШЛ	ВПР-4М (ПВГ-1,2/3,1)
Производительность, т/ч	1000-1300	700	800
Мощность двигателя, кВт	15,5	7,3	18
Угол установки, град.	0-10	15	8-12
Габаритные размеры, мм:			
Длина/ширина/высота	3400/1900/1285	2600/1900/3570	3260/1750/1195
Масса, кг	2700	3280	3200
Влажность горной массы, %	8	2-4	8
Уровень шума, дБА	82	86	89
Средняя наработка на отказ, тыс. т	120,0	45,0	23,5
Затраты на монтаж, чел/смену	10	8-10	14-18

По предложенной ассиметричной схеме, заключающейся в выносе вибровозбудителя из-под завала институтом ВНИИРудмаш были разработаны унифицированный вибропитатель ПВУ (рис. 4) и вибролюк 1АШЛ (рис. 5).



**Рис. 4.** Схема установки вибропитателя ПВУ



**Рис. 5.** Схема установки вибролюка 1АШЛ

Они представляют собой одномассную вибромашину грузонесущий орган которой с помощью резиновой упругой опоры опирается на раму. Привод - трехвалный инерционный

вибровозбудитель, через лепестковую муфту соединенный с электродвигателем.

Подшипниковые узлы вибровозбудителя установлены непосредственно в продольных жесткостях днища грузонесущего органа. Синхронизирующая зубчатая передача имеет ведомые шестерни с текстолитовыми венцами, что не требует смазки и уменьшает шум во время работы. На раме установлены стенки с устройством для предотвращения просыпи под машину и площадки для дополнительной погрузки на нее руды. У ПВУ борта неподвижные высотой 160 мм, закрепленные на раме, у вибролюка 1АШЛ грузонесущий орган выполнен в виде лотка глубиной 450 мм с задней частью днища наклоненной к основной транспортирующей поверхности. Отличия учитывают различие условий эксплуатации машин.

Вибролюк 1АШЛ (и ЛШВ-3,35) транспортирует как крепкую крупнокусковую руду так и руду с повышенной влажностью и глинистыми включениями. Нарботка на отдельные люки достигает 500 тыс.т 1АШЛ обладает возможностью перестановки в новые погрузочные пункты.

Вибромашины 1АШЛ, ЛШВ-3,35, ВДПУ-4ТМ, ПВУ являются основным оборудованием при выпуске руды в условиях железорудных шахт Криворожского бассейна.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Опыт эксплуатации вибропитателей ВДПУ-4ТМ на подземных рудниках Кривбасса указывает на следующие недостатки: самоскатывание кусков руды в откаточную выработку вследствие необходимости монтажа установки под углом 20-25° к горизонту; снижение производительности в 2-5 раз при транспортировании липкой и/или влажной руды; сложность управления погрузкой; значительная просыпь руды при погрузке; разрушение грузонесущей платформы после выпуска 30-40 тыс.т руды; трудность извлечения для повторного использования; низкие санитарно-гигиенические показатели; отсутствие регулируемого электропривода и его низкая надежность.

Применение вибролюков 1АШЛ и вибропитателей ПВУ привело к значительному увеличению производительности, улучшению санитарно-гигиенических показателей и уменьшению просыпи руды при погрузке. Основными недостатками всех типов вибропитателей и вибролюков являются отсутствие возможности регулирования параметров работы, плавности запуска и останова привода, низкая надежность системы электропривода, поэтому повышение эффективности работы вибропитателей и их электропривода является актуальной научно-практической задачей и направлением дальнейших исследований.

#### Список литературы

1. Ступник Н.И., Письменный С.В. Перспективные технологические варианты дальнейшей отработки железорудных месторождений системами с массовым обрушением руды/ Н.И. Ступник, С.В. Письменный//Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг. – Вип. 30, 2012. – С. 3-7.
2. Чернокур В.Р., Шкробко Г.С., Шелегеда В.И. Добыча руд с поэтажным обрушением/ В.Р. Чернокур., Г.С. Шкробко, В.И. Шелегеда. – М.: Недра, 1992. – 271 с.
3. Учитель А.Д., Гушин В.В. Вибрационный выпуск горной массы/ А.Д. Учитель, В.В. Гушин. – М.: Недра, 1981. – 232 с.
4. Каварма И.И., Кальницкий А.М., Бровко А.В. Опыт применения вибрационного выпуска руды на подземных рудниках Криворожского бассейна/ И.И. Каварма, А.М. Кальницкий, А.В. Бровко. – М.: Экспресс-информация/ин-т «Черметинформация», 1981. – 18 с.
5. Гончаревич И.Ф. Вибротехника в горном производстве/ И.Ф. Гончаревич. – М.: Недра, 1992.–317 с.
6. Потураев В.Н. Элементы конструкций вибрационных транспортно-технологических машин, – К.: Н думка, 1984. – 287 с.

Рукопись поступила в редакцию 30.03.13

УДК 622

И.К. МЛАДЕЦКИЙ А.А. ЛЫСЕНКО О. Г. ПОПОВА .

ГВУЗ «Национальный горный университет», Днепропетровск

#### ТРЕБУЕМАЯ ТОЧНОСТЬ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Опробование и контроль в обогащении полезных ископаемых в значительной степени служит для того, чтобы с помощью измерения качественных показателей определять количественные. Измерение расходов пульповых потоков затруднено и поэтому выход, например для бинарного разделения, определяют как  $\gamma = \frac{\alpha - \nu}{\beta - \nu}$ , где  $\alpha, \beta, \nu$  - содержания ценного минерала в ис-