

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ ПИТАТЕЛЕЙ С ПРОТЯЖЕННЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ ГОРНОЙ МАССЫ НА КАРЬЕРАХ**

*Самуил Яковлевич Левенсон*

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, кандидат технических наук, зав. лабораторией вибротехники, тел. (383)205-30-30, доп. 312, e-mail: lev@misd.ru

*Михаил Александрович Ланцевич*

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории вибротехники, тел. (383)205-30-30, доп. 168, e-mail: lama0350@mail.ru

Увеличение глубины ведения горных работ на карьерах влечет за собой рост объемов перемещаемых вскрышных пород. При этом в зоне интенсивного углубления карьера использование на нижних горизонтах магистральных карьерных автосамосвалов большой грузоподъемности затруднено из-за ограниченных размеров рабочих площадок и необходимости преодоления ими в груженом состоянии значительных по величине уклонов. В этом случае целесообразно применение более маневренных гусеничных или шарнирно-сочлененных автосамосвалов относительно малой грузоподъемности и перегрузки породы в магистральные автосамосвалы на эстакадах с бункерами большой емкости и принудительным выпуском, сооружаемых на концентрационных горизонтах. Рассмотрена возможность использования в качестве средства выпуска из аккумулирующей емкости перегрузочного пункта комплекта вибрационных транспортирующих устройств, являющихся днищем бункера. Виброустройства должны надежно работать при воздействии высоких статических и динамических нагрузок.

**Ключевые слова:** автосамосвал, комбинированный транспорт, перегрузочный пункт, бункер, вибрационное транспортирующее устройство.

## **USING VIBROFEEDERS WITH ELONGATED ATTACHEMENT AT TRANSLOADING ROCK MASS AT OPEN PITS**

*Samuil Ya. Levenson*

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Ph. D., Head of Vibrotechnique Laboratory, phone: (383)205-30-30, extension 312, e-mail: lev@misd.ru

*Mikhail A. Lantsevich*

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Ph. D., Associate Professor, Senior Researcher, Vibrotechnique Laboratory, phone: (383)205-30-30, extension 168, e-mail: lama0350@mail.ru

Increasing of open pits depth causes rise of volume of transported overburden. In zone of intensive deepening of open pits, the using of main road trucks with high capacity is complicated due to limited sizes of working sites and necessity to move up under loaded condition on significant slopes. In that case it is suitable to apply more maneuverable caterpillar or articulated trucks with relatively low capacity. Rock mass transloading into main road trucks should be carried out at tres-

ties with high capacity silos and forced output which are constructed at haulage levels. In the work the possibility of using group of vibration transporter equipment represented with bottom of the silo, as mean of output from accumulating container of transloading point is considered. Vibro equipment should work reliable under high static and dynamic loads.

**Key words:** dump truck, combined transport, transloading point, silo, vibration transporter equipment.

Актуальными и важными задачами современной горной науки в области открытой разработки месторождений полезных ископаемых следует считать создание инновационных энерго- и ресурсосберегающих технологий и оборудования, повышающих эффективность и безопасность ведения горных работ [1]. К настоящему времени на большинстве карьеров России усложнились горнотехнические условия: возросли глубина и расстояние транспортирования горной массы и, как следствие, ухудшились экономические показатели работы предприятий. Из-за быстрого роста объемов вскрыши наиболее узким местом становится ее перевозка автомобильным транспортом, с помощью которого из карьеров вывозится до 90% горной массы.

В связи с ростом глубины карьеров дальнейшее развитие открытых горных работ связано с увеличением удельного веса комбинированных видов транспорта, поэтому разработку средств перегрузки горной массы из одного вида транспорта в другой можно отнести к наиболее актуальным задачам.

Результаты анализа возможностей различных способов перегрузки горной массы, выполненного в Институте горного дела СО РАН [2, 3], показывают, что условиям рационального использования всех звеньев погрузочно-транспортной системы при использовании комбинированных видов транспорта наиболее полно соответствуют бункерные эстакады, сооружаемые в виде отдельных секций и позволяющие создавать перегрузочные пункты с большой аккумулялирующей емкостью и высокой пропускной способностью.

Конструктивное исполнение и надежность работы бункерных эстакад во многом определяются типом применяемого питателя. Опыт эксплуатации различных типов питателей при выпуске крупнокусковых пород из емкостей, конструктивные проработки бункерных узлов и исследования вибрационных транспортирующих машин для открытых горных работ [4 – 9] показали, что при создании бункерных перегрузочных пунктов целесообразно использовать вибрационные питатели с упругим рабочим органом, которые созданы в Институте горного дела СО РАН и занимают особое место в ряду вибрационной техники, используемой для выпуска и доставки материалов. Основная их особенность заключается в том, что перемещение материала осуществляется рабочим органом, совершающим волновые колебания. В связи с этим вибромашины с упругим рабочим органом имеют значительно меньшую металло- и энергоемкость, более широкие возможности для реализации различных режимов транспортирования. Они могут использоваться для выпуска влажных и связных материалов, широко испытаны и доказали свою эффективность. Но из-за значительного затухания колебаний к разгрузочному участку уменьшается скорость

движения материала, что ограничивает длину рабочего органа. Этот недостаток может быть устранен, если рассредоточить вынуждающую силу вдоль рабочего органа, используя для создания колебаний не один, а два или несколько вибро-возбудителей. При этом для реализации рабочих режимов колебаний устройства необходимо обеспечить синхронное вращение вибровозбудителей.

На рис. 1 представлена одна из возможных схем перегрузочного пункта, загрузка бункера которого производится автосамосвалами с маневровой площадки, примыкающей к задней стенке эстакады. Передняя стенка бункерной эстакады имеет окна, через которые выпускается горная порода. Днище бункера формируется из вибропитателей, в качестве которых могут использоваться вибрационные транспортирующие устройства с самосинхронизирующимися вибровозбудителями.

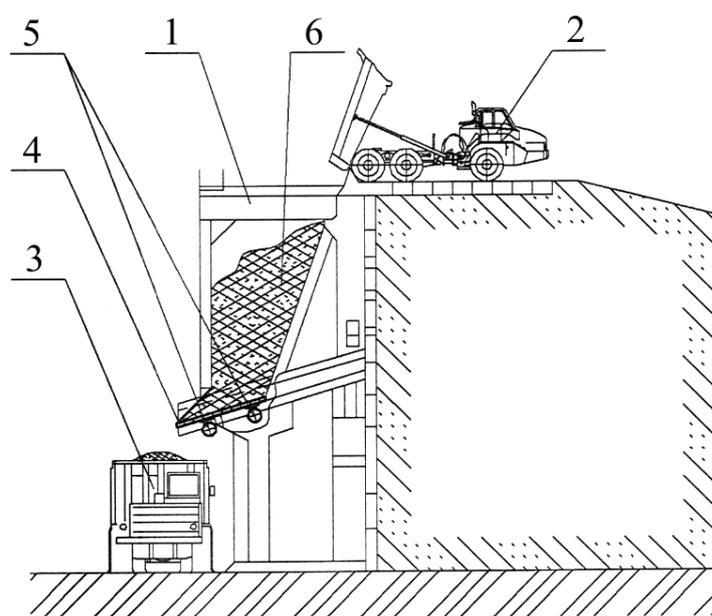


Рис. 1. Схема перегрузочного пункта:

- 1 – бункерная эстакада; 2 – шарнирно сочлененный автосамосвал - САТ – 470;  
3 – магистральный карьерный автосамосвал - САТ – 785; 4 – упругий рабочий орган; 5 – вибровозбудители; 6 – бункер с горной массой

Для оценки возможности использования вибрационных транспортирующих машин с упругим рабочим органом и рассредоточенной вынуждающей силой в технологиях перегрузки при комбинированном транспорте были проведены экспериментальные исследования, цель которых заключалась в следующем:

– установить условия существования устойчивого синхронного вращения вибровозбудителей в рассматриваемой системе и исследовать влияние на существование и стабильность синхронного режима изменений статической и динамической нагрузок на рабочий орган;

– определить время установления устойчивого синхронного режима вращения дебалансов вибровозбудителей.

Для проведения экспериментов был разработан стенд (рис. 2). Он включает емкость 1 с прозрачной передней стенкой, что позволяет наблюдать процесс перемещения сыпучего материала. В днище емкости размещается прямоугольный упругий рабочий орган 2, который опирается на неподвижную раму 3. Рабочий орган приводится в колебательное движение с помощью установленных на нем двух инерционных вибровозбудителей 4, запуск которых осуществляется через преобразователь частоты с рабочим диапазоном 0...90 Гц. Преобразователь позволяет изменять частотный режим колебаний вибрационного устройства.

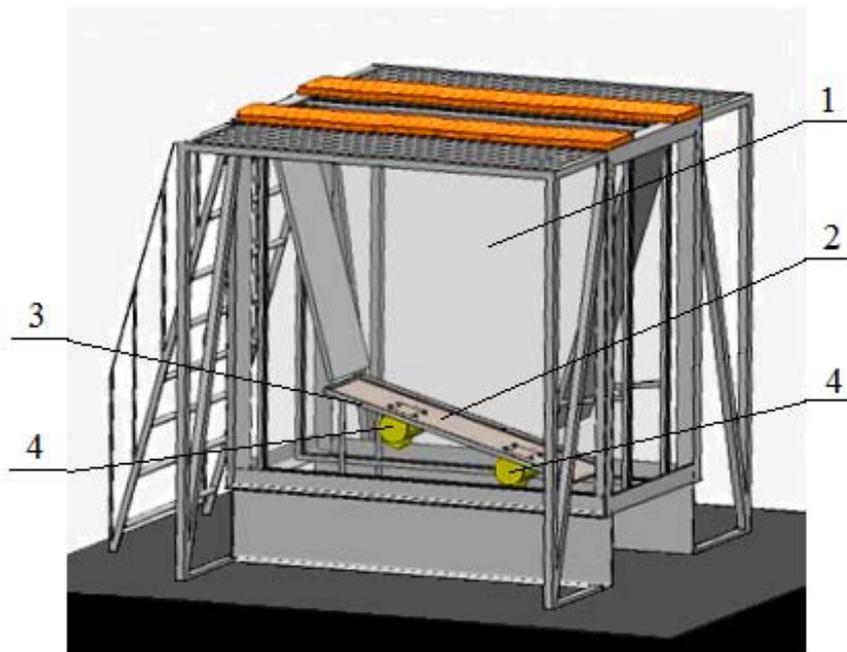


Рис. 2. Стенд для исследования выпуска сыпучих материалов упругим рабочим органом и самосинхронизации вибровозбудителей, установленных на нем:

1 – емкость с прозрачными стенками; 2 – упругий рабочий орган; 3 – неподвижная рама питателя; 4 – инерционные вибровозбудители

В конструкции стенда предусмотрена регулировка угла наклона рабочего органа, а также высоты выпускного окна.

В вибромашинах с упругим рабочим органом колебания грузонесущей поверхности существенно затухают в обе стороны от вибровозбудителя. Затухание колебаний является основной причиной, ограничивающей длину рабочего органа.

На рис. 3 показано распределение амплитудного значения виброскорости вдоль рабочего органа при выпуске сыпучего материала одним или двумя вибровозбудителями: кривая 1 – работает вибровозбудитель на разгрузочном участке; кривая 2 – работает вибровозбудитель на загрузочном участке; кривая 3 – работают оба вибровозбудителя; кривая 4 – отображает колебания незагружен-

ного рабочего органа при одновременной работе двух вибровозбудителей. Начало отсчета координаты  $L$  от кромки загрузочного участка. Приведенные результаты соответствуют началу выпуска, когда нагрузка на виброустройство максимальная.

Как следует из графиков, при работе одного источника вибрации интенсивность колебаний загрузочного и разгрузочного участков рабочего органа отличается почти на порядок.

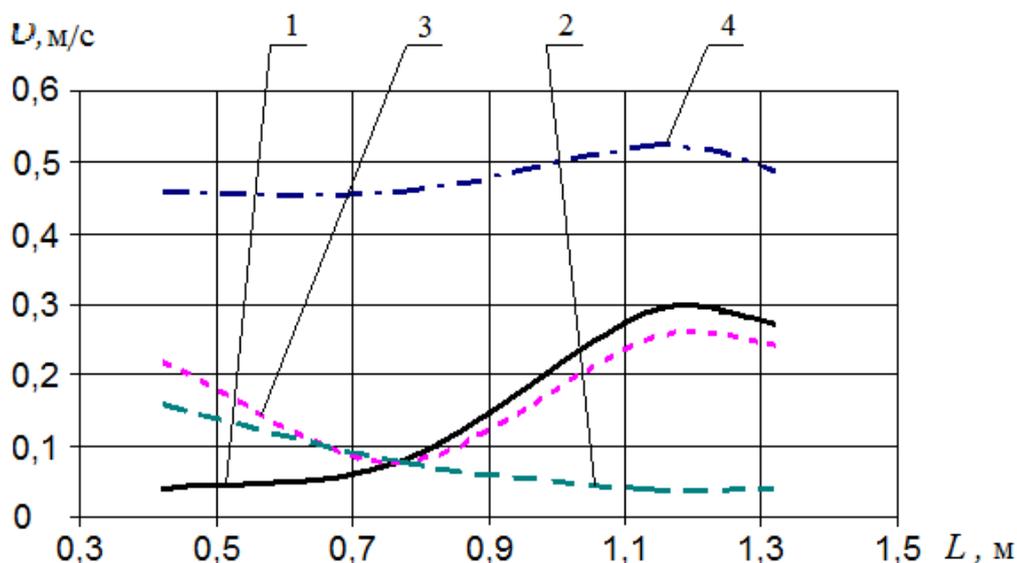


Рис. 3. Распределение амплитудного значения виброскорости вдоль рабочего органа:

- 1 – выпуск одним вибровозбудителем, установленным на разгрузочном участке;
- 2 – выпуск одним вибровозбудителем, установленным на загрузочном участке;
- 3 – выпуск двумя вибровозбудителями;
- 4 – незагруженный рабочий орган при работе двух вибровозбудителей

При использовании двух вибровозбудителей вибрация на загрузочном участке имеет такой же порядок, что и на разгрузочном (рис. 3, кривая 3). Изменяется и картина выпуска: работает загрузочный участок, сыпучая масса перемещается по всей длине рабочего органа с достаточно равномерной скоростью, которая существенно снижается только к концу выпуска, когда исчезает подпор со стороны вышележащих слоев материала. Было установлено, что техническая производительность устройства при использовании двух источников вибрации может быть увеличена в 1,7...2,0 раза.

Эксперимент показал, что вибровозбудители, установленные на упругом рабочем органе, работают в устойчивом синхронном режиме. Время, в течение которого устанавливается стабильный синхронный режим, составляет 3,5...5,0 секунд, если вибровозбудители включаются одновременно, или один из них подключают к уже работающему второму. В указанное время входит также и время разгона вибровозбудителей или одного из них.

При нарушении синхронной работы вибровозбудителей, вызванном, например, приложенной к рабочему органу динамической нагрузкой, стабильный режим восстанавливался за 1,3 ... 1,5 секунды.

При выпуске сыпучей массы нагрузка на рабочий орган изменялась от максимальной до нуля, но при этом стабильный синхронный противофазный режим сохранялся в течение всего времени, пока длился процесс. Отсюда следует, что статическая нагрузка не оказывает существенного влияния на процесс самосинхронизации. Динамические нагрузки, как указывалось ранее, нарушают синхронный режим, но он восстанавливается достаточно быстро в сравнении с временем выпуска.

#### *Выводы.*

С ростом глубины карьеров и необходимости применения комбинированного транспорта целесообразно создавать бункерные перегрузочные пункты с вибрационным выпуском горной массы.

Для выпуска горной массы из бункеров перегрузочных пунктов, наиболее перспективным решением является использование вибрационных транспортирующих устройств с протяженным рабочим органом с двумя, вибровозбудителями, установленными на его загрузочном и разгрузочном участках.

Предлагаемое принципиально новое горное оборудование послужит основой при создании эффективных и безопасных технологий и транспортных систем для разработки глубоких горизонтов карьеров.

*Работа выполнена в рамках проекта ФНИ № госрегистрации АААА-А17-117122090003-2.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ржевский В.В., Трубецкой К.Н. Задачи горной науки в области открытой разработки месторождений полезных ископаемых // Горный журнал. – 1988. – № 1. – С. 21–23.
2. Молотилов С.Г., Васильев Е.И., Кортелев О.Б., Норри В.К., Левенсон С.Я., Гендлина Л.И., Тишков А.Я. Интенсификация погрузочно-транспортных работ на карьерах // Новосибирск: Издательство СО РАН, 2000. – 207 с.
3. Левенсон С.Я., Ланцевич М.А., Гендлина Л.И., Акишев А.Н. Новая технология и оборудование для безвзрывного формирования рабочей зоны глубоких карьеров // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2016. – № 5. – С.125–132.
4. Левенсон С.Я., Гендлина Л.И., Морозов А.В. Использование вибротехники в технологических процессах при освоении глубоких карьеров // ГИАБ. – 2016. – № 11. – С. 249–256.
5. Левенсон С.Я., Гендлина Л.И., Усольцев В.М., Куликова Е.Г. Обоснование режимов вибровоздействия для эффективного выпуска горной массы из накопительных емкостей // Сборник трудов конференции с участием иностранных ученых «Проблемы развития горных наук и горнодобывающей промышленности». – Новосибирск: – 2014. – Т. 1. – С. 196–200.
6. Гендлина Л.И., Еременко Ю.И., Куликова Е.Г., Левенсон С.Я. Совершенствование процесса вибрационного выпуска связных материалов из емкости // Горное оборудование и электромеханика. – 2006. – № 7. – С. 42–45.
7. Тишков А.Я., Гендлина Л.И., Еременко Ю.И., Левенсон С.Я. Вибрационное воздействие на сыпучую среду при выпуске ее из емкости // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2000. – № 1. – С. 55–60.

8. Chandravanshi M. L., Mukhopadhyay A. K. (2017). Dynamic analysis of vibratory feeder and their effect on feed particle speed on conveying surface. *Measurement*, 101, 145–156. doi.org/10.1016/j.measurement.2017.01.031.

9. Marco Buzzoni, Mattia Battarra, Emiliano Mucchi, Giorgio Dalpiaz (2017). Motion analysis of a linear vibratory feeder: Dynamic modeling and experimental verification. *Mechanism and Machine Theory*, 114, 98–110. doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2017.04.006.

© С. Я. Левенсон, М. А. Ланцевич, 2019