

**С.Я. Левенсон, Л.И. Гендлина, А.В. Морозов,
В.М. Усольцев**

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ОТВАЛОВ ИЗ ПОРОД С НИЗКИМИ ПРОЧНОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Предложено новое решение проблемы безопасности работ на автомобильных отвалах с использованием вибрационного отвалообразователя новой конструкции.

Ключевые слова: автоотвал, безопасность, отвалообразователь, вибропитатель, эффективность.

В настоящее время в России открытым способом добывается свыше 86 % железной руды, 65 % угля, 96 % горной массы для цветной металлургии, почти 100 % неметаллических полезных ископаемых, свыше 75 % агрохимического сырья. Для удовлетворения потребностей страны в минеральном сырье до недавнего времени открытым способом разрабатывалось свыше 14 млрд т горной массы в год. По прогнозам этот объем может быть увеличен до 25–26 млрд т [1].

Удельный вес открытого способа добычи полезных ископаемых в перспективе сохранится на уровне 70–75 % (за счет увеличения его использования, в первую очередь, в цветной металлургии и угольной промышленности).

Фракционный состав вскрышных пород разнообразен. Наблюдается неупорядоченное распределение пород различной кусковатости по высоте отвального яруса. В первые годы эксплуатации разрезов на отвалы вывозились, как правило, рыхлые породы с верхних горизонтов в нижние ярусы отвалов. В последующие годы скальные породы с нижних горизонтов поступали в верхние ярусы отвала. При таком размещении пород превышение

допустимой высоты отвала вызывает его деформации в виде оползней.

Комплексная механизация и организация работ на карьерах развиваются на основе внедрения поточной технологии, которую легче осуществить с помощью машин непрерывного действия.

При разработке и складировании мягких вскрышных пород в качестве отвалообразователей используются многочерпаковые отвальные экскаваторы (абзетцеры), консольные отвалообразователи и транспортно-отвальные мосты [2].

Оборудование непрерывного действия применяют при разработке пологих залежей. При этом породные отвалы должны иметь достаточную вместимость, находиться на минимальном расстоянии от мест погрузки породы, располагаться на безрудных (безугольных) площадях, не препятствовать развитию горных работ в карьере и формироваться с учетом требований техники безопасности и экологии. Ленточные отвалообразователи работают только с мелкодисперсными породами, это связано с низкой прочностью конвейерной ленты. Кроме того, работа отвалообразователей существующих конструкций подразумевает наличие машины, по-

стоянно загружающей его (роторный экскаватор, магистральный конвейер и т.д.). В связи с этим перечисленные недостатки ограничивают область применения данного оборудования.

На автомобильных отвалах осуществляется смешанная схема работ, в которых подготовку горных пород к выемке, выемку и погрузку выполняют машины циклического действия, а перемещение горной массы — машины непрерывного действия.

Формирование автомобильных отвалов выполняется двумя способами: площадным и периферийным. Площадное отвалообразование составляет 15–20 % от общих объемов складироваемых пород. В основном же автосамосвалы разгружаются вблизи бровки отвала или непосредственно под откос по периферии отвального фронта. Оставшаяся на площади часть породы сталкивается под откос бульдозером.

Автомобильный транспорт используется для перевозки примерно 80 % всей горной массы во всем мире, в т.ч. в США и Канаде — 85 %, в Южной Америке — 85 %, в Австралии — почти 100 %, в Южной Африке — более 90 %. В России и странах ближнего зарубежья удельный вес карьерного автотранспорта с учетом всех подотраслей горнодобывающей промышленности приблизился к 75 % и в ближайшей перспективе будет расти за счет расширения открытого способа добычи угля [3].

На автомобильных отвалах важным моментом является создание безопасных условий работы автосамосвалов в момент их подъезда к бровке откоса. Самосвалы выполняют петлевой разворот и задним ходом подъезжают к месту разгрузки. Для повышения безопасности рекомендуется применять различные стопорные устройства. Однако опыт их

использования показал, что эти устройства громоздки, неудобны в эксплуатации и не обеспечивают полной безопасности. В связи с этим широкое распространение в последние годы на автоотвалах с использованием бульдозеров получил предохранительный вал из складированной породы, который служит только ориентиром для водителя автосамосвала при остановке машины. Однако такие валы подвержены регулярному разрушению из-за наезда автосамосвалов, просадок отвала и, как следствие, не гарантируют безопасности работы мощных транспортных средств.

Таким образом, применяющийся в настоящее время бульдозерный способ отвалообразования не обеспечивает достаточной степени безопасности работы автосамосвалов, а наличие заколов и оползней в районе отвальной бровки приводит к падению самосвалов под откос отвала. Кроме того, опасна работа и машиниста бульдозера, так как при сталкивании породы под откос бульдозер находится в зоне возможного обрушения отвала. На разрезах Кузбасса падения автосамосвалов, а в некоторых случаях и бульдозеров происходят ежегодно.

Анализ используемых схем отвалообразования показывает, что легкие передвижные металлические платформы, тросы, закрепленные в теле отвала, разгрузочные бетонные эстакады, деревянные и металлические предохранительные барьеры в практике открытых горных работ не нашли широкого применения из-за усложнения процесса отвалообразования [4].

Исследования, выполненные в ИГД СО РАН [5], свидетельствуют, что, наряду с вышеуказанными средствами механизации, весьма перспективным может стать использование вибрационной техники при формировании отвалов.

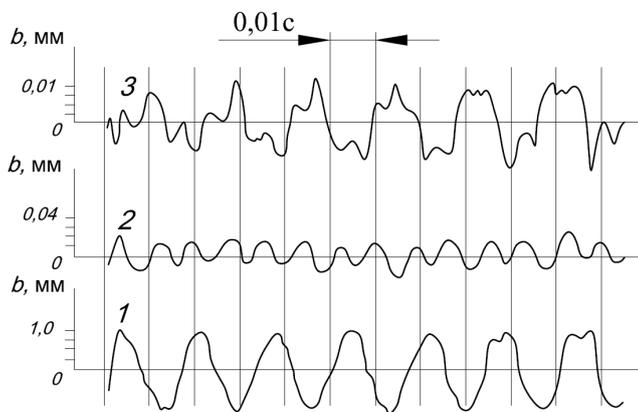


Рис. 1. Оциллограмма колебаний рабочего органа (1), рамы (2), основания (3)

Предложены схемы отвалообразования, в которых перемещение породы в отвал осуществляется вибрационными питателями значительной (более 6 метров) длины, объединёнными в виброплощадки. Ширина площадок соответствует ширине кузова используемых на предприятии автосамосвалов. Кроме того, вибропитатели способны без повреждений воспринимать динамическую нагрузку от падающей из кузова самосвала горной массы и перемешать её под откос отвального яруса с достаточно высокой скоростью, обусловленной интенсивностью прибытия транспорта на разгрузку.

Были созданы вибрационные транспортирующие устройства — виброленты, особенностью которых является отсутствие системы упругих связей между рамой и рабочим органом, совершающим волновые колебания. В связи с этим они способны воспринимать не только значительные статические, но и динамические нагрузки. Грузоподъемность таких машин ограничена лишь механической прочностью рамы или сплошного основания.

Однако в существующих конструкциях вибролент из-за значительного затуха-

ния колебаний вдоль рабочего органа снижается скорость транспортирования.

Один из путей уменьшения влияния затухания на характеристики машины — использование двух вибровозбудителей, установленных на определенном расстоянии друг от друга.

Использование на рабочем органе двух самосинхронизирующихся возбудителей позволяет рассредоточить по нему вынуждающую силу и, как следствие, снизить влияние затухания колебаний, более равномерно распределить скорости движения материала вдоль рабочего органа, увеличить его длину, повысить производительность транспортирования.

На рис. 1 приведена оциллограмма колебаний нагруженного рабочего органа 1, рамы 2 и основания 3 питателя, которая получена при двух работающих вибровозбудителях. Как следует из оциллограммы, амплитуда колебаний рамы на порядок, а основания — на два порядка меньше, чем амплитуда колебаний рабочего органа. Этот результат позволяет сделать вывод, что динамическое воздействие рабочего органа на основание мало и не нарушает устойчивости отвала при формировании его из пород с низкими прочностными характеристиками. Нет необходимости в сооружении мощного фундамента, что расширяет возможности использования устройства, например, в передвижных и самоходных перегружателях, в качестве рабочего органа отвалообразователя.

Другой способ уменьшить влияние затухания — выполнить загрузочный

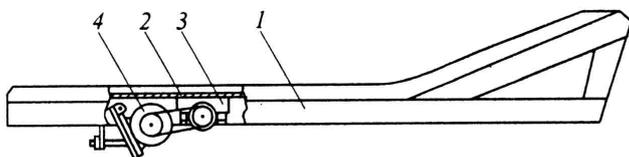


Рис. 2. Схема вибропитателя "Волна-8"

участок рабочего органа питателя криволинейным. Это создает благоприятные условия для движения материала. При этом кривизна загрузочного участка вибромашины должна соответствовать кривизне поверхностей скольжения, которые реализуются в сыпучем материале при выпуске. В таком случае указанный участок превращается в искусственную поверхность скольжения, вдоль которой сдвиговая прочность ниже, чем вдоль поверхностей скольжения, возникающих в материале при его выпуске прямолинейным рабочим органом.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований были положены в основу при разработке конструкции наиболее мощного вибрационного питателя для карьерных перегрузочных пунктов — "Волна-8". При его проектировании учтены результаты многолетней эксплуатации вибрационных питателей с упругим рабочим органом в подземных условиях.

На рис. 2 представлена схема питателя "Волна-8".

Питатель состоит из рамы 1 пенального типа, в котором размещены два упругих рабочих органа 2. На каждом рабочем органе установлен дебалансный вибровозбудитель 3. Вращение вибровозбудителей осуществляется через клиноременные передачи от электродвигателей 4, прикрепленных к раме 1.

Разработанные в ИГД СО РАН вибрационные транспортирующие устройства позволили создать отвалообра-

зователь для автосамосвалов малой грузоподъемности.

Предварительные проектные расчеты показали, что использование вибрационных отвалообразователей позволяет сократить парк бульдозеров, повысить про-

пускную способность отвального фронта и, как следствие, сократить число отвалов и ярусов, а также длину автомобильных дорог с одновременным повышением безопасности ведения горных работ и возможностью увеличения высоты отвального яруса. Однако конструкция таких отвалообразователей требовала выполнения дополнительной технологической операции — формирования бермы для его размещения.

Вибрационный отвалообразователь представлял собой конструкцию из нескольких вибролент, установленных под углом к горизонту на раме с бортами. Рама оборудовалась салазками из полых труб и упором для колес автосамосвалов.

Отвалообразователь размещался на специально создаваемой по всей длине отвального фронта берме. Автосамосвалы грузоподъемностью 40 т разгружались на виброплощадку отвалообразователя, с помощью которой порода перемешалась под откос отвального яруса [6].

Его работоспособность и достоверность предварительных расчетов была подтверждена испытаниями в промышленных условиях на отвале разреза «Краснобродский» ОАО УК «Кузбассразрезуголь». Однако были выявлены некоторые недостатки технологии отвалообразования с применением данного отвалообразователя, такие, как необходимость создания бермы по всей длине отвального фронта, отсутствие автономного хода, что значительно увеличивает время передвижки.

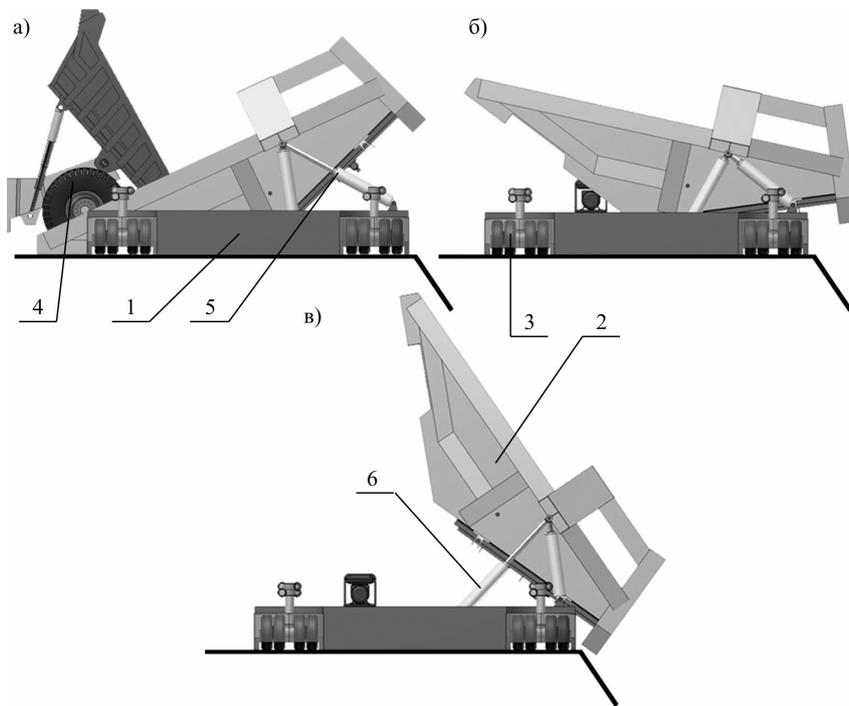


Рис. 3. Схема работы вибрационного отвалообразователя: а — разгрузка самосвала; б — поворот рабочего органа отвалообразователя; в — разгрузка отвалообразователя; 1 — опорная рама; 2 — рабочий орган; 3 — механизм передвижения; 4 — автосамосвал; 5, 6 — гидроцилиндры

Развитие автомобильного транспорта для перемещения горной массы в сторону увеличения грузоподъемности и маневренности ведет к необходимости применения отвалообразующей техники, позволяющей удалить место разгрузки автосамосвала от кромки откоса отвала на безопасное расстояние.

Для обеспечения безопасной и высокоэффективной работы большегрузных автосамосвалов грузоподъемностью до 300 т при формировании отвалов на слабом основании из пород низкой прочности был предложен самоходный гидрофицированный вибрационный отвалообразователь (рис. 3), который состоит из опорной рамы 1, рабочего органа 2 с вибрационными транспортирующими устройствами и механизма передвижения 3 [7].

Отвалообразователь при помощи механизма передвижения 3 устанавливается у кромки откоса отвального яруса на спланированной горизонтальной площадке. Автосамосвал 4 задним ходом приближается к нему до контакта колес с упорами, расположенными внутри рабочего органа 2 и производится разгрузка кузова. После его отхода рабочий орган 2 при помощи гидроцилиндров 5 поворачивается относительно опорной рамы 1 (рис. 3, б). Гидроцилиндрами 6 осуществляется перемещение рабочего органа в положение разгрузки (рис. 3, в). При повороте его на определенный угол включаются вибрационные транспортирующие устройства, и порода под действием сил вибрации и гравитации перемещается под откос отвала. Затем рабочий орган воз-

вращается в исходное положение гидроцилиндрами и осуществляется его загрузка следующим автосамосвалом.

Использование самоходного гидрофицированного вибрационного отвалообразователя позволит:

- повысить безопасность ведения горных работ за счет удаления места разгрузки автосамосвала от кромки откоса отвального яруса на необходимое расстояние;
- осуществить сокращение парка дорогостоящих бульдозеров, тем самым, снизить стоимость производства отвальных работ;
- повысить пропускную способность отвального фронта;
- сократить число отвалов и ярусов и увеличить высоту единичного от-

вального яруса и как следствие уменьшить длину автомобильных дорог.

Работы по разработке и созданию самоходного вибрационного отвалообразователя выполняются при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного контракта «Разработка технологии и создание инновационного оборудования для безопасного и эффективного формирования автомобильных отвалов из пород с низкими прочностными характеристиками в сложных природно-климатических условиях карьеров Сибири» федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трубецкой К.Н. Проблемы и перспективы развития угольных энергоресурсов России, безопасных и экологически чистых технологий их освоения / К.Н. Трубецкой, В.А. Чантурия, Ю.Н. Малышев, А.Д. Рубан // Труды научной сессии РАН "Энергетика России: проблемы и перспективы". — М.: "Наука", 2006. — С. 342–346.

2. Применение отвального оборудования непрерывного действия [Электронный ресурс] // Полезные ссылки: Горные работы. — Режим доступа: <http://multimails.info/gdt8r4part2.html>.

3. Бахтурин Ю.А. Современное состояние карьерного транспорта [Электронный ресурс] / Ю.А. Бахтурин // Каталог-справочник "Горная Техника — 2005". — Режим доступа: <http://library.stroit.ru/z-full/v-series/s-8/s-50/j-9/i-189.html>.

4. Интенсификация погрузочно-транспортных работ на карьерах / С.Г. Молоти-

лов, Е.И. Васильев, О.Б. Кортелев, В.К. Норри, С.Я. Левенсон, Л.И. Гендлина, А.Я. Тишков // Новосибирск: Издательство СО РАН. 2000.

5. Внешнее отвалообразование на карьерах / О.Б. Кортелев, В.И. Ческидов, С.Г. Молотилов, В.К. Норри // Новосибирск: РИЦ «Золотые слова», 2009.

6. Блехман И.И. Синхронизация динамических систем. // М.: Наука, 1971.- 894 с.

7. Авторское свидетельство №1161438. В 65 G 27/00. Вибрационный отвалообразователь / В.И. Креймер, А.Я. Тишков, С.Г. Молотилов, С.Я. Левенсон, А.Ф. Кайгородов. Опубл. 15.06.1985, Бюл. № 22.

8. Патент на ПМ 88004. МПК8 В 65 G 27/00. Вибрационный отвалообразователь / С.Я. Левенсон, Л.И. Гендлина, Ю.И. Еременко, А.В. Морозов, С.И. Протасов, В.А. Голдобин. - № 2009113755/22; заявл. 13.04.2009; опубл. 27.10.2009, Бюл. № 30 — 2 с.: ил. **ПАТ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Левенсон Самуил Яковлевич — кандидат технических наук, заведующий лабораторией вибротехники, lev@misd.nsc.ru,

Гендлина Людмила Ивановна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории вибротехники, gen@misd.nsc.ru,

Морозов Алексей Васильевич — научный сотрудник лаборатории вибротехники,

Усольцев Владимир Михайлович — научный сотрудник лаборатории вибротехники, Институт горного дела Сибирского отделения РАН, Новосибирск, evg@misd.nsc.ru