

УДК 622.271:622.333

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ШАРНИРНО-СОЧЛЕНЕННЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С МАЛЫМИ ЗАПАСАМИ**

**Сандригайло И. Н., Арефьев С. А., Мойсиев Х. С.,
Глебов И. А., Шлохин Д. А.**

В статье приведены описание конструкции и преимущества использования шарнирно-сочленённых автосамосвалов при разработке месторождений с малыми запасами. Показаны особенности и приведён анализ эффективности применения таких машин при разработке Дальне-Буланашского месторождения угля в Свердловской области.

Ключевые слова: шарнирно-сочлененный автосамосвал; месторождение; эффективность; карьер; разрез; автодорога; транспортная площадка.

На Урале сегодня имеется целый ряд перспективных месторождений угля, руд и сырья для производства строительных материалов. Однако многие из них имеют малые запасы. В то же время они часто залегают на небольших глубинах, находятся вблизи потребителей и в связи с этим не требуют больших затрат на добычу и перевозку полезного ископаемого [1].

Опыт вовлечения в эксплуатацию таких месторождений показывает, что уже на первом этапе на них могут быть построены карьеры с производительностью от 200–300 тыс. т до 1–2 млн т полезного ископаемого в год. В то же время целесообразность разработки перспективных месторождений с малыми запасами в значительной степени зависит от эффективности работы оборудования, применяемого на горных работах. В связи с этим выбор горных и транспортных машин, использование которых обеспечивает эффективную разработку месторождения, и в частности технологических автосамосвалов, является одной из важнейших задач, решаемых при проектировании карьеров.

Анализ условий перспективных малых месторождений позволяет предложить для использования при их освоении шарнирно-сочленённые автосамосвалы. Такие машины получают в последние годы всё большее

распространение на горнодобывающих предприятиях мира и России. Основными их производителями являются фирмы «Caterpillar», «Volvo», «Komatsu», «Terex», «Bell», «Liebherr» и др. Каждая из них предлагает на рынке несколько моделей таких машин. Белорусский автозавод и российское предприятие «Четра» также создали подобные самосвалы.

Грузоподъёмность серийно выпускаемых шарнирно-сочленённых автосамосвалов сегодня составляет от 15 до 50 т. Некоторые модели грузоподъёмностью до 25 т имеют колёсную формулу 4×4, но наибольшее распространение получили шарнирно-сочленённые автосамосвалы с колёсной формулой 6×6 с тремя ведущими мостами.

К основным особенностям конструкции этих машин можно отнести то, что передняя часть с двигателем, передней осью и кабиной водителя соединяются с задней частью (с кузовом и двумя осями) шарнирным устройством. Механизм сочленения передней и задней секций рамы имеет вертикальный и горизонтальный шарниры. Вертикальный шарнир позволяет поворачиваться передней секции относительно задней. Горизонтальный шарнир позволяет задней секции рамы скручиваться вокруг продольной оси, обеспечивая постоянный контакт колёс с грунтом при прохождении препятствий.

Принципиальная компоновка шарнирно-сочленённого самосвала приведена на рис. 1. Благодаря шарнирно-сочленённой раме

и гидравлической системе управления поворотом с обратной связью обеспечивается высокая маневренность машины. Угол

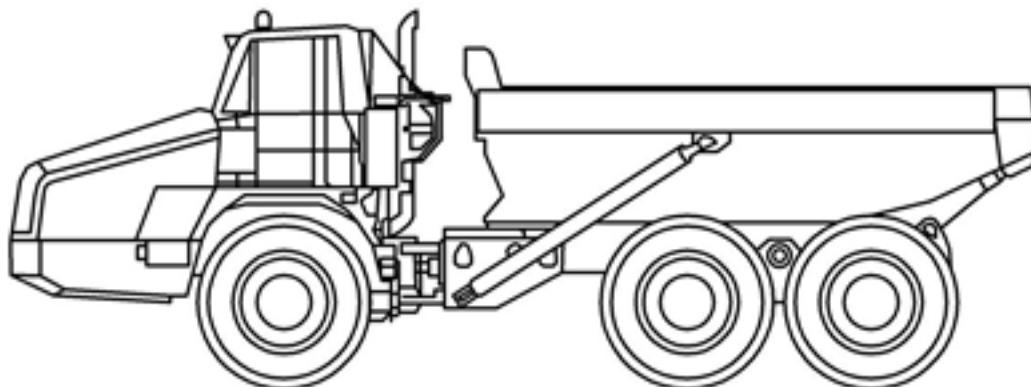


Рис. 1. Принципиальная компоновка шарнирно-сочленённого самосвала

складывания секций рамы составляет у большинства моделей от 38 до 45° в каждую сторону.

Все ведущие мосты имеют механизмы блокировки дифференциала. Механизмы блокировки привода колёс позволяют выбирать оптимальный режим работы в зависимости от дорожных условий и рабочих нагрузок вплоть до полной блокировки всех дифференциалов. Это позволяет достигать оптимальных тяговых усилий на колёсах в самых сложных условиях бездорожья.

К основным преимуществам шарнирно-сочленённых автосамосвалов относятся:

- высокая проходимость;
- высокая маневренность;
- способность преодолевать большие уклоны;
- меньшая ширина машины в сравнении с автосамосвалами традиционной конструкции.

Именно эти преимущества определили широкое распространение таких машин на предприятиях, осуществляющих добычу полезных ископаемых открытым способом.

Сегодня, когда многие действующие карьеры достигли большой глубины [2] и находятся в стадии доработки, остро встаёт вопрос о том, какое оборудование целесообразно применять при отработке их нижних горизонтов. Использование карьерных автосамосвалов традиционной

конструкции требует осуществления выемки значительных объёмов вскрышных пород, связанных с необходимостью размещения на бортах карьера транспортных коммуникаций. Использование шарнирно-сочленённых самосвалов на нижних горизонтах этих карьеров позволяет увеличить уклоны до 250 %, повысить угол откоса бортов карьера при погашении и снизить за счет этого коэффициент вскрыши, сократив объёмы вскрышных пород в контурах карьера.

Освоение новых месторождений полезных ископаемых часто связано с необходимостью осуществления горных работ в тяжелых и неблагоприятных климатических и горно-геологических условиях. Так, верхние горизонты на вновь строящихся карьерах часто сложены глинистыми и песчаными породами, склонными к размоканию. Движение карьерных автосамосвалов традиционной конструкции в таких условиях весьма затруднительно, а строительство дорог требует значительных затрат денежных и материальных ресурсов, а также времени. Использование шарнирно-сочленённых самосвалов в этом случае позволяет раньше начать работы и в более короткие сроки построить карьер с меньшими затратами.

В ряде случаев, при небольшой проектной глубине карьера и породах, склонных к размоканию, с целью повышения

эффективности транспортного процесса, увеличения уклонов и углов погашения бортов карьера, сокращения среднего коэффициента вскрыши за счет снижения объемов пустых пород в контуре карьера возможно применение шарнирно-сочленённых самосвалов в течение всего периода разработки месторождения.

Особенно актуально применение таких машин при разработке месторождений с малыми запасами. Строительство качественных автодорог на небольших карьерах часто экономически не оправдано именно в связи с малыми объемами работ. Использование шарнирно-сочленённых автосамосвалов позволяет существенно снизить затраты на строительство и обслуживание карьерных автодорог, сократить расстояние транспортирования горной массы, повысить величину угла откоса бортов карьера и снизить объемы вскрышных работ. Примером такого подхода может служить Дальнебуланашское месторождение каменных углей, находящееся в Свердловской области. Угольные пласты, разделённые на девять угленосных зон мощностью от 10 до 30 м, залегают под углом 20–25°. Покровные отложения имеют мощность от 15 до 25 м и представлены четвертичными и опоковыми глинами, ниже которых залегают алевролиты и аргиллиты.

Проектная глубина разреза на месторождении равна 140 м, длина по поверхности составит в конце разработки 1500 м, а ширина – 600 м. Промышленные запасы угля в контурах разреза составляют 8503 тыс. м³. Объем вскрыши в контуре разреза – 35727 тыс. м³, в том числе рыхлой вскрыши – 15100 тыс. м³. Годовая производительность разреза по углю 800 тыс. т., а по вскрыше – 3000 тыс. м³.

На добыче угля планируется использовать гидравлический экскаватор с рабочим оборудованием «обратная лопата» и вместимостью ковша 3,8 м³, а на вскрышных работах – гидравлические экскаваторы с рабочим оборудованием «прямая лопата» и вместимостью ковша 5,7 м³. Анализ показал, что применяемым при разработке месторождения экскаваторам в наибольшей

степени соответствуют автосамосвалы грузоподъемностью 35–45 т.

Исходя из этого, для сравнения были выбраны два варианта:

– первый вариант: карьерные автосамосвалы БелАЗ-7547 Белорусского автозавода грузоподъемностью 45 т;

– второй вариант: шарнирно-сочленённые автосамосвалы CAT-740 фирмы «Caterpillar», грузоподъемностью 38 т.

Основные параметры сравниваемых автосамосвалов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры автосамосвалов CAT-740 и БелАЗ-7547

Показатели	CAT 740	БелАЗ-7547
Грузоподъемность, т	38	45
Размеры автосамосвала, м		
– длина	10,89	8,09
– ширина	3,43	4,11
– высота	3,75	4,39
Полная масса, т	70,8	78,1

К достоинствам автосамосвала БелАЗ-7547 относятся сравнительная дешевизна, надежность, производительность. Машина успешно используется на многих горных предприятиях России и других государств. Но в связи с тем, что горные породы на Дальнебуланашском месторождении (четвертичные и опоковые глины, а также алевролиты и аргиллиты) имеют сравнительно небольшую крепость, для эффективной эксплуатации карьерных автосамосвалов БелАЗ-7547 требуются значительные затраты на строительство карьерных автодорог. Дорожная одежда при эксплуатации таких автосамосвалов при годовом грузообороте, равном 8 млн т брутто, должна иметь двухслойную конструкцию. Необходимы слой основания 15 см из щебня фракции от +40 до +80 мм с расклинкой от +5 до +20 мм и слой покрытия 15 см из щебня фракции от +20 до +40 мм с расклинкой от +5 до +20 мм. Затраты на строительство такой дорожной одежды составляют около 0,5 тыс. рублей за 1 м².

В то же время опыт работы шарнирно-

сочленённых автосамосвалов на горных предприятиях показывает, что они могут эффективно работать в условиях бездорожья. Благодаря отсутствию необходимости в качественном дорожном покрытии эксплуатация автосамосвалов модели САТ 740, имеющих повышенную проходимость, в условиях Дальнебуланашского месторождения позволяет существенно снизить затраты на строительство автодорог в карьере

и повысить эффективность открытых горных работ.

Меньшая чем у БелАЗ-7547 ширина шарнирно-сочленённого самосвала САТ-740 [3, 4] позволяет существенно уменьшить ширину транспортных площадок, которая при его использовании составляет 18 м, против 21 м при применении автосамосвала БелАЗ-7547 (рис. 2).

Использование автосамосвалов САТ-

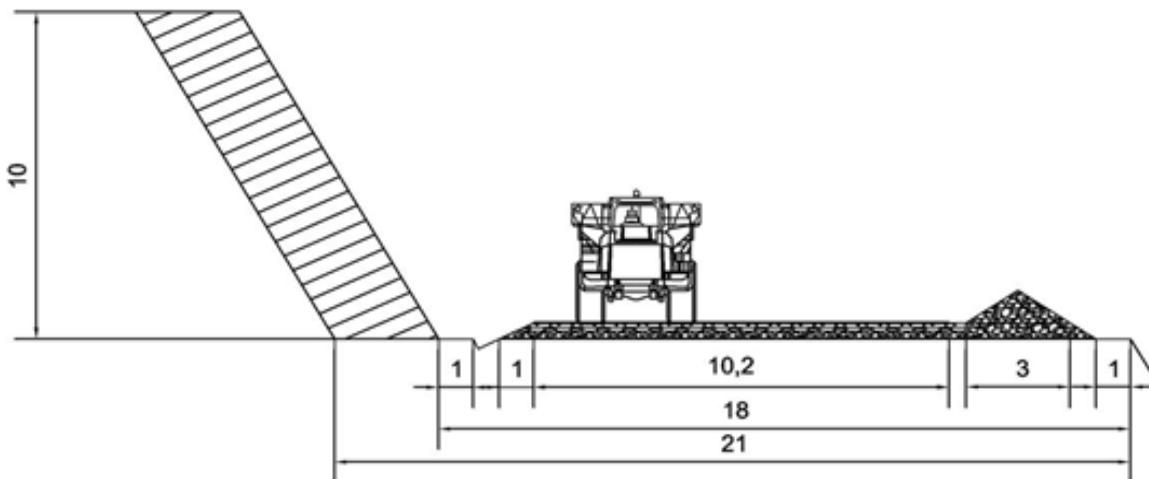


Рис. 2. Ширина транспортной площадки при использовании автосамосвалов САТ-740 (18 м) и БелАЗ-7547 (21 м), а также дополнительные объёмы вскрыши (заштриховано)

740 позволяет увеличить уклон съездов до 160 ‰ против 80 ‰ при использовании БелАЗ-7547. При этом за счет увеличения

уклонов длина съезда сократилась с 125 до 62,5 м (рис. 3), и удалось сократить расстояние транспортирования горной массы

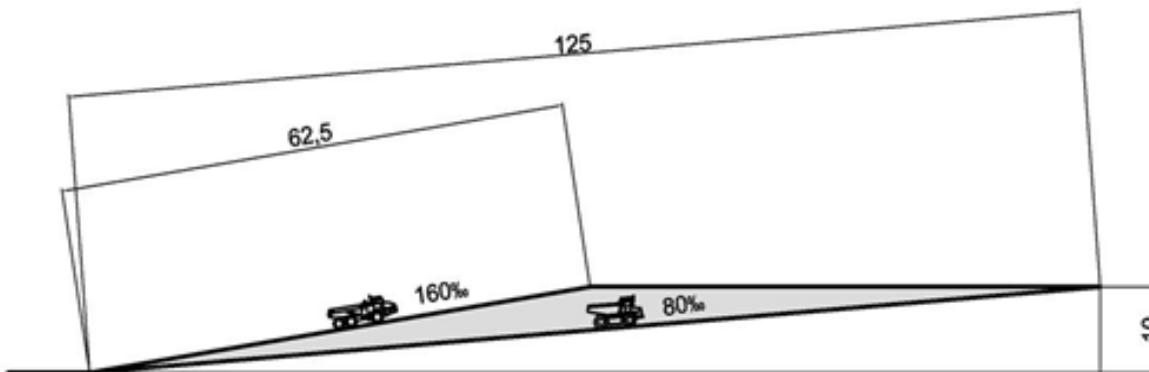


Рис. 3. Изменение длины съезда при увеличении уклона

по наклонным участкам трассы.

Расстояние транспортирования вскрыши сократилось с 2,15 до 1,47 км, а расстояние транспортирования угля снизилось с 1,46 до 1,03 км. За счет проходки съездов с большими уклонами появилась возможность увеличить

на 4° угол погашения борта и снизить объёмы выемки вскрыши, удаляемой при разносе бортов разреза, на которых находятся основные транспортные коммуникации.

Показатели по сравниваемым вариантам для конкретных условий Дальне-

Показатели по сравниваемым вариантам

Показатели	САТ 740	БелАЗ-7547	Отклонение
Уклон съездов, промилле	160	80	80
Расстояние транспортирования, км: – до отвала вскрышных пород – до склада угля	1,47 1,03	2,15 1,46	0,68 0,43
Количество автосамосвалов, шт.	7	12	5
Угол погашения борта разреза, град	28	24	4
Объем вскрыши, м ³	35727000	39727000	4000000

Как видно из таблицы, использование шарнирно-сочленённого автосамосвала САТ-740 позволяет в условиях Дальнебуланашского месторождения:

- уменьшить дальность транспортирования вскрышных пород на 32 %;
 - уменьшить дальность транспортирования угля на 29 %;
 - увеличить угол погашения борта разреза на 4°;
 - уменьшить объём вскрыши на 4 млн м³.
- За счет этих мер, а также за счет сокра-

щения затрат на дорожно-строительные работы себестоимость 1 т полезного ископаемого при применении автосамосвалов САТ-740 для транспортирования угля и вскрышных пород на Дальнебуланашском месторождении снижается на 12 %.

Из сказанного выше можно сделать вывод о том, что использование шарнирно-сочленённых автосамосвалов позволяет существенно повысить эффективность разработки перспективных месторождений с малыми запасами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Угольная база Урала. Состояние и перспективы развития / И. Н. Сандригайло [и др.] // Изв. вузов. Горный журнал. 1993. № 5. С. 19–29.
2. Техничко-экономические показатели горных предприятий за 1990–2012 гг. Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2013. 361 с.
3. Карьерная техника ПО «БЕЛАЗ»: справочник / под ред. П. Л. Мариева, К. Ю. Анистратова. М.: ООО «КА технокомплект», 2005. 448 с.
4. Справочник по эксплуатационным характеристикам Caterpillar. Пеория: Caterpillar Inc. 2012. Вып. 42. 1598 с.

Поступила в редакцию 11 мая 2015 г.

Сандригайло Игорь Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры разработки месторождений открытым способом, 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Арефьев Степан Александрович – преподаватель кафедры разработки месторождений открытым способом, 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: arefevsa@yandex.ru

Мойсиев Христос Сергеевич – инженер кафедры разработки месторождений открытым способом, 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Глебов Игорь Андреевич – студент 4 курса, 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Шлохин Дмитрий Андреевич – студент 3 курса, 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.