



УДК 622.271.324+622.271.332

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫСОТЫ УСТУПА НА ТЕКУЩИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ВСКРЫШИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АВТОНОМНЫХ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 240 Т

Дубинкин Д.М.¹, Марков С.О.^{1,2}, Хорешок А.А.¹, Исмаилова Ш.Я.¹

¹Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

²Филиал Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева в
г. Междуреченске



Информация о статье

Поступила:

15 сентября 2023 г.

Рецензирование:

28 октября 2023 г.

Принята к печати:

31 октября 2023 г.

Ключевые слова:

обратная гидравлическая
лопата, автосамосвал, ширина
рабочей площадки, высота
уступа, автономная тяжелая
платформа

Аннотация.

В процессе разработки угольных месторождений открытым способом значительное влияние на себестоимость угля оказывает текущий коэффициент вскрыши. Его значение зависит от параметров выемочного и транспортного оборудования и применяемых технологических схем выемки горной массы. При работе с самосвалами грузоподъемностью 240 т могут применяться различные марки экскаваторов. Ранее проведенные исследования показали, что оптимальным является применение высокопроизводительных экскаваторов – обратных гидравлических лопат с погрузкой самосвалов ниже уровня стояния экскаватора. Вместе с тем исследование влияния высоты уступа на стоимостные показатели (текущий коэффициент вскрыши) не проводилось. Применение туиковой схемы подачи самосвалов с их нижней погрузкой увеличивает производительность экскаваторно-автомобильного комплекса при уменьшении ширины развала горной массы до ширины площадки для разворота самосвалов. В то же время имеется резерв по увеличению высоты уступов, поскольку увеличивающаяся при этом высота развала горной массы не оказывает особого влияния на работу экскаваторов, применяющихся при работе с самосвалами такой грузоподъемности. В данной работе приведена методика количественной оценки влияния высоты уступа на текущий коэффициент вскрыши: рассмотрена постановка задачи, установлены численные зависимости, даны соответствующие рекомендации.

Для цитирования: Дубинкин Д.М., Марков С.О., Хорешок А.А., Исмаилова Ш.Я. Исследование влияния изменения высоты уступа на текущий коэффициент вскрыши при использовании карьерных автосамосвалов грузоподъемностью 220 и 240 т // Техника и технология горного дела. – 2023. – №3(23). – С. 71-81. – DOI:10.26730/2618-7434-2023-3-71-81, EDN: LQLFGI

Введение

Добыча полезных ископаемых открытым способом сопровождается выемкой значительных объемов вскрышных пород. Это могут быть взорванные коренные породы, перекрывающие их неоген-четвертичные отложения, а также складированные навалы ранее вынудой вскрыши.

Технологические схемы выемки вскрышных пород с использованием автотранспорта подразделяются на схемы с установкой карьерных самосвалов (КС) на уровне стояния экскаватора, ниже и выше уровня стояния [1-8]. Производительность экскаваторно-автомобильного комплекса определяется в первую очередь производительностью основной рабочей единицы – экскаватора, поскольку подачу и грузоподъемность как классических КС, так и автономных карьерных самосвалов (АКС) возможно организовать по гибкой схеме в



зависимости от параметров трассы транспортирования горной массы. Равномерность работы экскаватора при этом будет зависеть от равномерности подачи автосамосвалов [9-14].

Повышение производительности экскаваторно-автомобильного комплекса достигается следующими моментами:

- максимизацией производительности автомобильной составляющей рассматриваемого комплекса, что обеспечивается равномерностью подачи автосамосвалов, т.е. отсутствием их простоев и нехватки;
- максимизацией производительности экскаватора, что обеспечивается как его равномерностью работы, так и уменьшением времени цикла при погрузке горной массы в автосамосвалы.

Таким образом, при увязке равномерности работы выемочно-погрузочного и транспортного оборудования производительность экскаваторно-автомобильного комплекса может быть увеличена только увеличением производительности экскаватора, т.е. уменьшением времени его рабочего цикла.

Как показывают ранее проведенные исследования [15, 16], производительность экскаватора может быть повышена при применении погрузки автосамосвалов с их установкой ниже уровня стояния экскаватора. При этом принципиально неважно, насколько ширина развала будет превосходить радиус черпания экскаватора: смещение экскаватора по ширине развала по мере отработки последнего не будет влиять на производительность, поскольку радиус черпания экскаваторов, например, Liebherr R9200, применяемых при использовании автосамосвалов грузоподъемностью 240 т как основы для построения тяжелых автономных платформ, позволяет производить погрузку как минимум одного автосамосвала без дополнительных передвижек экскаватора. Установка автосамосвала под погрузку должна обеспечивать возможность равномерной загрузки его кузова от передней до задней части. Для обеспечения максимальной производительности экскаватора Liebherr R9200 рассматриваемый тип КС должен располагаться на 2,5 м ниже уровня установки экскаватора. В то же время увеличение ширины развала может привести к необоснованному завышению ширины рабочей площадки обрабатываемого уступа. При превышении минимальных требований по ширине рабочей площадки возникает необходимость выемки дополнительных объемов вскрышных пород, не влияющих на увеличение объемов добычи. Это приводит к занижению угла откоса рабочего борта и увеличению текущего коэффициента вскрыши.

Исходные данные

Согласно [17] ширина транспортных берм временных автомобильных дорог предприятий открытых горных разработок, обеспечивающая безопасную эксплуатацию внеплощадочных дорог категории I-к, составляет $Ш_{мр.б} = 38$ м для автосамосвалов БелАЗ-75310. При этом ширина проезжей части (с учетом ширины автосамосвала и выступающих частей) составляет $Ш_{пр.ч} = 23,5$ м (Рис. 1). Минимальная ширина рабочей площадки должна определяться исходя из условий как безопасной работы экскаваторно-автомобильного комплекса, так и возможности создания двусторонней проезжей части на площадке уступа по мере отгрузки горной массы. По результатам многочисленных измерений и опыта ведения горных работ целесообразная ширина площадки при тупиковой схеме разворота для маневрирования КС составляет 2,5 радиуса поворота R_n . Такая ширина площадки обеспечивает для КС безопасный разворот, постановку под погрузку или ожидание под погрузку с обеспечением необходимых безопасных расстояний. Для автосамосвалов БелАЗ-75310 радиус поворота $R_n = 15$ м; ширина площадки разворота составляет 37,5 м, что практически соответствует ширине транспортной бермы ($Ш_{мр.б} = 38$ м) (Рис. 1, Рис. 2).

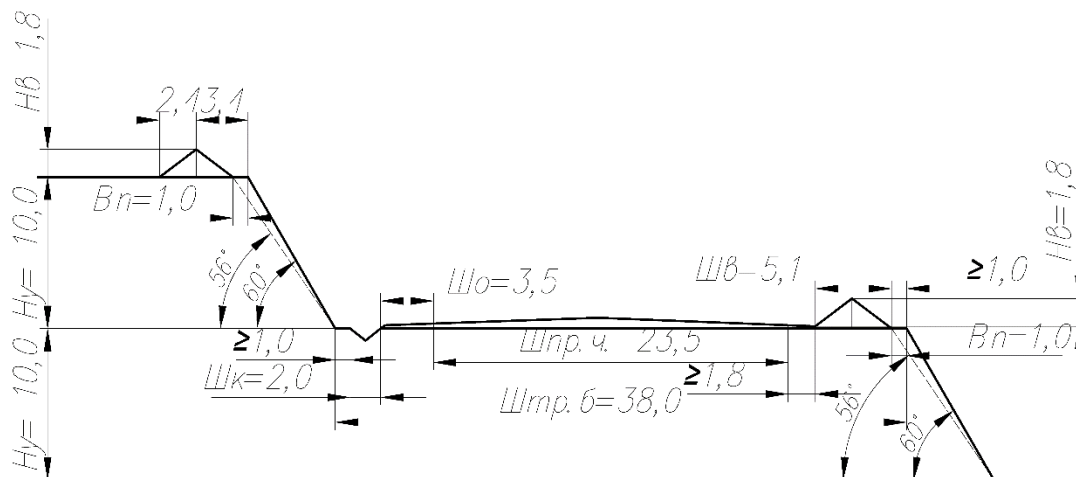


Рис. 1. Ширина транспортной бермы
Fig. 1. Transport berm width

Постановка цели и задач

Целью работы является расчет целесообразной величины ширины рабочей площадки с учетом текущего коэффициента вскрыши для минимизации себестоимости добычи угля при сохранении производительности экскаваторно-автомобильного комплекса.

Для достижения цели должны быть решены следующие задачи:

- провести анализ параметров горного оборудования, применяемого при ведении вскрышных работ;
- провести анализ технологических схем вскрышных работ, проводимых по развалу взорванной горной массы;
- провести анализ изменения текущих коэффициентов вскрыши при изменении параметров технологических схем.

Данные исследования применялись в ходе выполнения работ по проекту «Создание высокотехнологичного производства автономных карьерных самосвалов грузоподъемностью 240 тонн с отечественным тяговым приводом для работы в системе цифровой добычи полезных ископаемых открытым способом» на этапах эскизного и технического проекта на опытный образец АКС в части разработки математических моделей и проведения имитационного моделирования режимов эксплуатации самосвальной платформы АКС.

Материалы и методы исследования

Параметры применяемого при ведении вскрышных работ транспортного оборудования с учетом использования автосамосвалов грузоподъемностью 240 т как основы автономных тяжелых платформ приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Параметры транспортного оборудования

Table 1. Transport equipment parameters

Параметры, их обозначение, единицы измерения	БелАЗ-75310
Грузоподъемность автосамосвала q_a , т	240
Длина автосамосвала l_a , м	13,39
Ширина автосамосвала b_a , м	8,45
Радиус поворота автосамосвала R_p , м	15

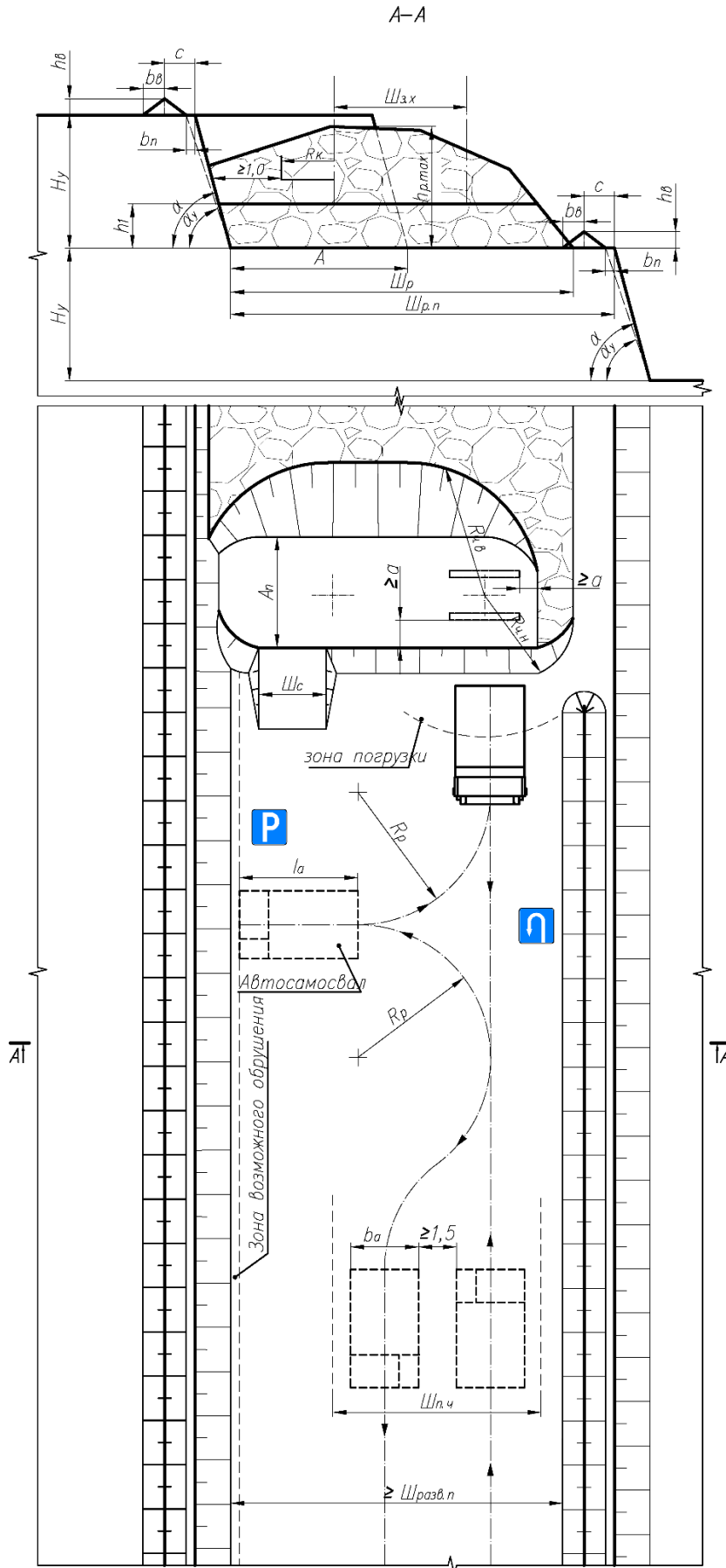


Рис.2. Технологическая схема обработки развала взорванной горной массы гидравлическим экскаватором обратная лопата с погрузкой в автосамосвалы ниже уровня стояния

Fig. 2. Technological scheme of disintegration of broken rock excavation by backhoe with loading into dump trucks below standing level



Для обеспечения максимальной производительности как экскаватора в частности, так и экскаваторно-автомобильного комплекса в целом, как говорилось ранее, необходимо применять технологическую схему с нижней погрузкой в автосамосвалы. Выемочным оборудованием, удовлетворяющим работу с такой схемой и используемыми автосамосвалами, можно рассматривать обратную гидравлическую лопату Liebherr 9200. Параметры этого экскаватора приведены на Рис. 3, Рис. 4 и в Таблице 2.

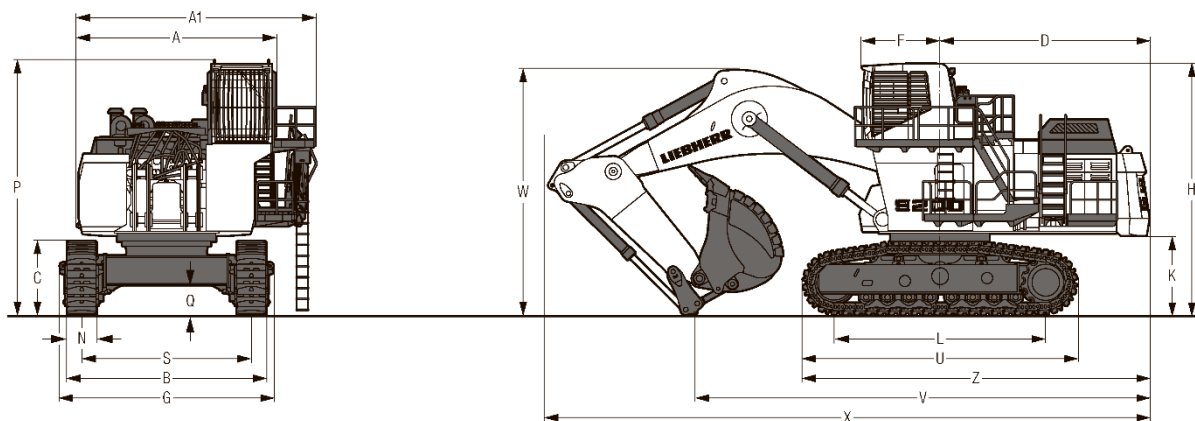


Рис. 3. Габаритные размеры обратной гидравлической лопаты Liebherr 9200
Fig. 3. Overall dimensions of the Liebherr 9200 backhoe

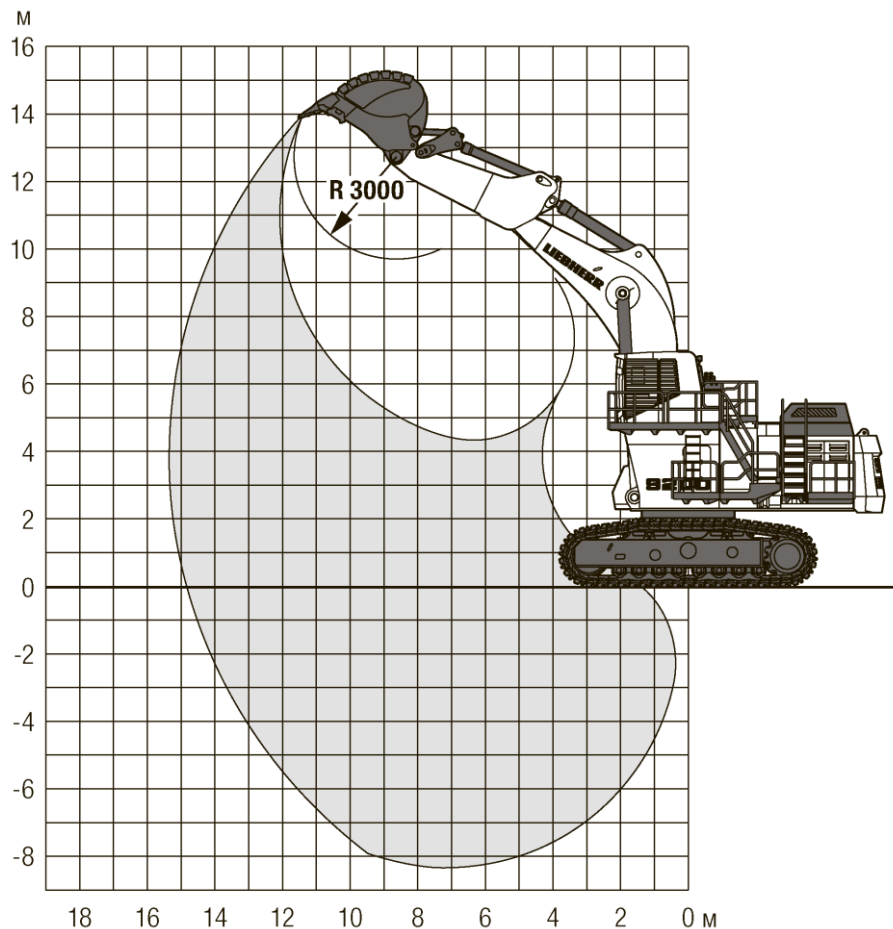


Рис. 4. Рабочая зона обратной гидравлической лопаты Liebherr 9200
Fig. 4. Working area of the Liebherr 9200 backhoe



Таблица 2. Параметры обратной гидравлической лопаты Liebherr 9200

Table 2. Liebherr 9200 backhoe parameters

Параметр	Размер, м	Параметр	Размер, м	Параметр	Размер, м
A	5,508	G	5,922	Q	0,832
A1	6,622	H	6,930	S	4,702
B	5,502	K	2,180	U	7,599
C	2,031	L	5,862	V	12,600
D	5,800	N	0,800	X	16,775
F	2,158	P	6,930	Z	9,599
Длина рукояти	3,800	Высота погрузки (макс.)	9,710	Вылет на уровне стояния (макс.)	14,820
Высота копания (макс.)	14,030	Глубина копания (макс.)	8,290	Ширина траков	0,800

В Таблице 3 приведены значения параметров уступов коренных пород на действующих разрезах Кузбасса (средние значения).

Таблица 3. Параметры вскрышных уступов по коренным породам на разрезах Кузбасса

Table 3. Bedrock benches parameters at Kuzbass surface mines

Высота уступа, м	H_y	15-20
Рабочий угол откоса уступа, градус	α	75
Устойчивый угол откоса уступа, градус	α_y	71
Ширина призмы возможного обрушения, м	b_n	1,0
Ширина развала, м	$Ш_p$	37-42
Ширина призмы возможного обрушения нагруженного уступа, м	a	4,7
Ширина экскаваторной заходки, м	A	37 (1,5 $R_{ч,y}$)
Ширина зоны хода экскаватора, м	$Ш_{з,x}$	16,7
Минимальная ширина поперечной заходки, м	A_n	17,5
Высота предохранительного вала, м	h_6	1,8
Половина ширины предохранительного вала	b_6	2,4
Расстояние между осью предохранительного вала и верхней бровкой откоса уступа, м	c	3,4
Ширина проезжей части, м	$Ш_{пр,ч}$	23,5
Ширина разворотной площадки, м	$Ш_{разв,n}$	37,5
Ширина рабочей площадки	$Ш_{р,n}$	43,3

Изменение ширины как транспортных берм, так и рабочих площадок недопустимо как в меньшую сторону – по соображениям безопасности работы выемочно-погрузочного оборудования, так и в большую – из-за необоснованно увеличивающихся объемов вынимаемой вскрыши.

Результаты и обсуждение

Рассмотрим изменение текущего коэффициента вскрыши при изменении высоты уступа с 10 до 20 м при заданной глубине разреза 100 м. В развале горная масса обладает коэффициентом разрыхления от 1,25 до 1,5; для расчетов принято значение $K_p = 1,42$. Для обеспечения заданной ширины развала взорванной породы могут быть применены различные схемы короткозамедленного взрывания, а также взрыв на подпорную стенку.

В качестве примера рассмотрим три профиля рабочего борта разреза глубиной 100 м (Рис. 4).

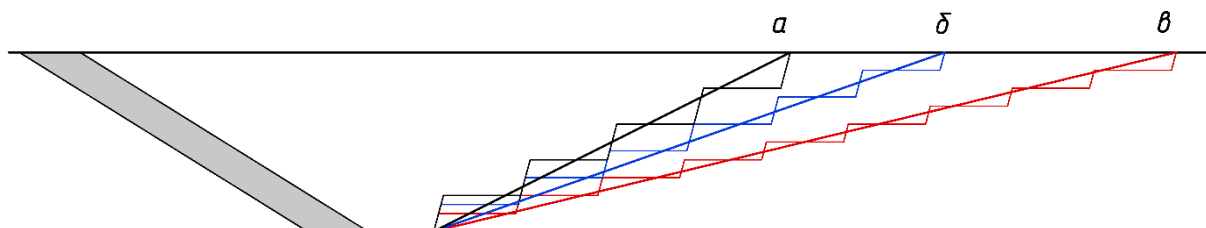


Рис. 4. Профиль рабочего борта при высоте уступов: а) 20 м; б) 15 м; в) 10 м.

Fig. 4. Profile of the working flank at the bench height: a) 20 m; b) 15 m; c) 10 m.

Поскольку текущий коэффициент вскрыши прямо пропорционален объему вынимаемых вскрышных пород (на схеме, приведенной на Рис. 4 – длине линий, соединяющих нижнюю и верхнюю бровки борта), то необходимо знать, насколько изменяются объемы вскрыши при изменении высоты рабочих уступов. Ширины рабочих площадок на Рис. 4 соответствуют рассматриваемой технологической схеме с применением автосамосвалов грузоподъемностью 220 и 240 т.

Высоты уступов, углы откосов, длины откосов бортов и пропорциональные им коэффициенты вскрыши приведены в Таблице 4.

Таблица 4. Параметры рабочих бортов при различной высоте уступа

Table 4. Parameters of working flanks at different bench height

Обозначение рабочего борта на Рис. 4	Высота уступа H_y , м	Угол откоса борта α_δ , градус	Длина откоса борта, м
а	20	26,5	223,6
б	15	19,3	303,5
в	10	13,5	428,3

Если принять за 100% текущий коэффициент вскрыши при высоте уступов 10 м, то при увеличении высоты уступа на 50% (до 15 м) вынимаемые объемы горной массы уменьшаются на 6500 м³ на 1 погонный метр длины рабочего борта, коэффициент вскрыши уменьшается на 29,1%. При удваивании высоты уступа (до 20 м) вынимаемые объемы горной массы уменьшаются на 10830 м³ на 1 погонный метр длины рабочего борта, текущий коэффициент вскрыши уменьшается на 47,8%.

Однако необходимо отметить, что буровзрывная подготовка высоких уступов (20 м) с сохранением требуемой ширины развала (37 м) может быть затруднена ввиду сложности формирования компактного развала.

Заключение

Минимальная ширина рабочей площадки при работе автосамосвалов БелАЗ-75306 и 75310 в паре с обратной гидравлической лопатой Liebherr R9200 с нижней погрузкой не может быть менее 43,3 м при любой высоте устойчивого уступа. В то же время значение текущего коэффициента вскрыши может быть уменьшено на 47,8% при увеличении высоты уступа с 10 м до 20 м. Таким образом, при рассматриваемой технологической схеме целесообразно работать уступами максимально возможной высоты.

Дальнейшее увеличение высоты уступов приведет к увеличению размеров бермы безопасности (зоны возможного обрушения) вдоль нижней бровки рабочей площадки с 1 до 6 м, что увеличит ширину рабочей площадки в целом и приведет к увеличению коэффициента вскрыши. Увеличение высоты уступов также может привести к усложнению организации буровзрывных работ.

Участок борта разреза с транспортными бермами при их неизменной ширине может иметь различные углы откоса: при увеличении высоты уступов угол откоса увеличивается, при уменьшении высоты – уменьшается. Однако при увеличении высоты уступов, например, при их



сдваивании, увеличивается длина трасс (внутрикарьерных дорог) для обеспечения заданного уклона. Таким образом, применение увеличенной высоты уступов при размещении на них транспортных берм целесообразно лишь при значительном плече откатки. Если расстояния транспортирования недостаточно для выдерживания необходимых уклонов, то из-за невозможности сдваивания уступов с транспортными бермами угол откоса борта увеличить будет невозможно.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-11-2022-016 от 07.04.2022 г. с ПАО «КАМАЗ» по комплексному проекту «Создание высокотехнологичного производства автономных карьерных самосвалов грузоподъемностью 240 тонн с отечественным тяговым приводом для работы в системе цифровой добычи полезных ископаемых открытым способом», при участии ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» в части выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2023 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Информация об авторах

Дубинкин Дмитрий Михайлович, к.т.н., доцент
e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

Хорешок Алексей Алексеевич, д.т.н., профессор, директор Горного института
e-mail: haa.omit@kuzstu.ru

Исмаилова Шерзод Ямиловна, аспирант
e-mail: haa.omit@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
650000, Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Марков Сергей Олегович, к.т.н., доцент
e-mail: markovso@kuzstu.ru

Междуреченский филиал Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачева
652881, Российская Федерация, г. Междуреченск, просп. Строителей, 36

Список литературы

1. Об определении параметров забойных блоков при ведении горных работ обратными гидравлическими лопатами / О.И. Литвин, Я.О. Литвин, М.А. Тюленев, С.О. Марков // Горная промышленность. – 2021. – №6. – С. 76-81. doi.org/10.30686/1609-9192-2021-6-76-81
2. Тюленева Е.А., Лесин Ю.В., Литвин Я.О. Исследование технологии отработки угленасыщенных зон на разрезах Кузбасса простыми и сложными забоями // Техника и технология горного дела. – 2019. – №1(4). – С. 35-49. doi.org/10.26730/2618-7434-2019-1-35-49
3. Логинов Е.В., Тюленева Т.А. Управление параметрами карьера в целях повышения эффективности использования гидравлических экскаваторов типа обратная лопата // Уголь. – 2021. – №12(1149). – С. 6-10. doi.org/10.18796/0041-5790-2021-12-6-10.



4. Мильный С.М. Оценка технологий обработки крутонаклонных угольных месторождений Кузбасса // Техника и технология горного дела. – 2020. – №1(8). – С. 45-73. doi.org/10.26730/2618-7434-2020-1-45-73
5. Логинов Е.В., Вольф В.В. Исследование параметров технологических схем разработки месторождений песчано-гравийных смесей обратными гидравлическими лопатами // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. – №8. – С. 71-84.
6. Сандригайло, И.Н. Анализ эффективности применения шарнирно-сочлененных автосамосвалов при разработке месторождений с малыми запасами / И.Н. Сандригайло, С.А. Арефьев, Х.С. Мойсеев, И.А. Глебов, Д.А. Шлохин // Известия УГГУ. – 2015. – № 2. – С. 23-27.
7. Холодныяков, Г.А. Малоотходная открытая разработка полезных ископаемых с помощью гидравлических экскаваторов / Г.А. Холодныяков, Е.В. Логинов, В.Д. Туан // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – №1. – С. 357-363.
8. Шестаков, И.Г. Использование гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» в сложных горно-геологических условиях / И.Г. Шестаков, С.В. Косых // Вологодские чтения. – 2012. – № 80. – С. 168-170.
9. Анистратов, К.Ю. Исследование закономерностей изменения показателей работы карьерных автосамосвалов в течение срока их эксплуатации / К.Ю. Анистратов, М.С. Градусов, В.Я. Стремиллов, М.В. Тетерин // Горная промышленность. – 2006. – №6. – С. 30-34.
10. Яковлев, В.Л. Основные аспекты формирования и новые научные направления исследований транспортных систем карьеров / В.Л. Яковлев, Ю.А. Бахтурин, А.Г. Журавлев // Наука и образование. – 2015. – № 4. – С. 67-72.
11. Kongar-Syuryun C.B., Aleksakhin A.V., Eliseeva E.N., Zhaglovskaya A.V., Klyuev R.V, Petrusevich D.A., Resources, 12(4), 50 (2023). DOI: 10.3390/resources12040050
12. A. Katsubin, S. Markov, A. Khoreshok, M. Tyulenev, E3S Web of Conferences, 174, 01027 (2020). – DOI: 10.1051/e3sconf/202017401027.
13. Дубинкин Д.М. Методика определения нагрузок, действующих при погрузке и разгрузке грузовой платформы (кузова) карьерного самосвала // Горное оборудование и электромеханика. 2022, №3(161), с. 31-49. doi.org/10.26730/1816-4528-2022-3-31-49.
14. Influence of transport and road complex on the natural-technical system / I.I. Bosikov, R.V. Klyuev, V.K. Tavasiev, M.A. Gobeev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 918. – 2020. – P. 012223. – DOI 10.1088/1757-899X/918/1/012223.
15. Зырянов, И.В. Производительность выемочно-погрузочного оборудования / И.В. Зырянов, Ю.И. Лель, Д.Х. Ильбульдин, Н.В. Мартынов, Р.С. Ганиев // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2016. – № 8. – С. 11-20.
16. Анализ методик расчета производительности карьерных гидравлических экскаваторов / О. И. Литвин, А. А. Хорешок, Д. М. Дубинкин [и др.] // Горная промышленность. – 2022. – №5. – С. 112-120. doi.org/10.30686/1609-9192-2022-5-112-120
17. СП 37.13330.2012 Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4) Свод правил от 29.12.2011 N 37.13330.2012. Применяется с 01.01.2013 взамен СНиП 2.05.07-91

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE BENCH HEIGHT CHANGE ON THE CURRENT STRIPPING RATIO WHEN USING AUTONOMOUS QUARRY DUMP TRUCKS WITH PAYLOAD CAPACITY OF 240 TONS

Dmitry M. Dubinkin¹, Sergey O. Markov^{1,2}, Alexey A. Khoreshok¹,
Shakhnaz Y. Ismailova¹

¹T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

²Mezhdurechensk branch of T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University



Abstract.

The current stripping ratio has a significant impact on the cost of coal in the process of open pit coal mining. Its value depends on the parameters of mining and transportation equipment and technological schemes of rock



Article info

Received:
15 September 2023

Revised:
28 October 2023

Accepted:
31 October 2023

Keywords: stripping ratio, hydraulic backhoe, quarry dump truck, working area width, bench height, autonomous heavy platform

mass excavation. Different types of excavators can be used when working with dump trucks with payload capacity of 220 and 240 tons. Earlier studies have shown that the optimum is the use of high-capacity excavators – hydraulic backhoes with dump trucks loading below the level of excavator standing. At the same time, there was no study of the influence of the bench height on the cost indicators (current stripping ratio). The use of dead-end dump trucks feeding scheme with their lower loading increases the productivity of excavator-automobile complex at reducing the width of disintegration of broken rock to the width of the area for dump trucks turning. At the same time there is a reserve for increasing the height of benches, because the increasing height of disintegration of broken rock does not have a special impact on the work of excavators used when working with dump trucks of such payload capacity. This paper presents a methodology for quantitative assessment of the influence of the bench height on the current stripping ratio: the problem formulation is considered, numerical dependencies are established, and appropriate recommendations are given.

For citation Dubinkin D.M., Markov S.O., Khoreshok A.A., Ismailova S.Y. (2023) Study of the influence of the bench height change on the current stripping ratio when using autonomous quarry dump trucks with payload capacity of 240 tons, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 3(22):71. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-3-71-81, EDN: LQLFGI

The work is financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the agreement dated 07.04.2022 № 075-11-2022-016 with PJSC KAMAZ on the integrated project "Development of high-tech production of autonomous mining dump trucks with a lifting capacity of 240 tons with a domestic traction drive for operation in an open-source digital mining system", with participation of T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University in terms of research, development and technological works.

References

1. Ob opredelenii parametrov zaboynykh blokov pri vedenii gornykh rabot obratnymi gidravlicheskimmi lopatami / O.I. Litvin, Ya.O. Litvin, M.A. Tyulenev, S.O. Markov // *Gornaya promyshlennost'*. – 2021. – №6. – S. 76-81. doi.org/10.30686/1609-9192-2021-6-76-81
2. Tyuleneva E.A., Lesin Yu.V., Litvin Ya.O. Issledovanie tekhnologii otrabotki uglenasyshchennykh zon na razrezakh Kuzbassa prostymi i slozhnyimi zaboyami // *Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela*. – 2019. – №1(4). – S. 35-49. doi.org/10.26730/2618-7434-2019-1-35-49
3. Loginov E.V., Tyuleneva T.A. Upravlenie parametrami kar'era v tselyakh povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya gidravlicheskiykh ekskavatorov tipa obratnaya lopata // *Ugol'*. – 2021. – №12(1149). – S. 6-10. doi.org/10.18796/0041-5790-2021-12-6-10.
4. Milyy S.M. Otsenka tekhnologiy otrabotki krutonaklonnykh ugol'nykh mestorozhdeniy Kuzbassa // *Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela*. – 2020. – №1(8). – S.45-73. doi:10.26730/2618-7434-2020-1-45-73
5. Loginov E.V., Vol'f V.V. Issledovanie parametrov tekhnologicheskikh skhem razrabotki mestorozhdeniy peschano-graviynykh smesey obratnymi gidravlicheskimmi lopatami // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal). – 2022. – №8. – S. 71-84.
6. Sandrigaylo, I.N. Analiz effektivnosti primeneniya sharnirno-sochlenennykh avtosamosvalov pri razrabotke mestorozhdeniy s malymi zapasami / I.N. Sandrigaylo, S.A. Aref'ev, Kh.S. Moysiev, I.A. Glebov, D.A. Shlokhin // *Izvestiya UGGU*. – 2015. – № 2. – S. 23-27.
7. Kholodnyakov, G.A. Malootkhodnaya otkrytaya razrabotka poleznykh iskopaemykh s pomoshch'yu gidravlicheskiykh ekskavatorov / G.A. Kholodnyakov, E.V. Loginov, V.D. Tuan // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal). – 2017. – №1. – S. 357-363.
8. Shestakov, I.G. Ispol'zovanie gidravlicheskiykh ekskavatorov tipa «obratnaya lopata» v slozhnykh gorno-geologicheskikh usloviyakh / I.G. Shestakov, S.V. Kosykh // *Vologdinskiye chteniya*. – 2012. – № 80. – S. 168-170.
9. Anistratov, K.Yu. Issledovanie zakonornostey izmeneniya pokazateley raboty kar'ernykh avtosamosvalov v techenie sroka ikh ekspluatatsii / K.Yu. Anistratov, M.S. Gradusov, V.Ya. Stremilov, M.V. Teterin // *Gornaya promyshlennost'*. – 2006. – №6. – S. 30-34.



10. Yakovlev, V.L. Osnovnye aspekty formirovaniya i novye nauchnye napravleniya issledovaniy transportnykh sistem kar'erov / V.L. Yakovlev, Yu.A. Bakhturin, A.G. Zhuravlev // Nauka i obrazovanie. – 2015. – № 4. – S. 67-72.
11. Kongar-Syuryun C.B., Aleksakhin A.V., Eliseeva E.N., Zhaglovskaya A.V., Klyuev R.V, Petrusevich D.A., Resources, 12(4), 50 (2023). DOI: 10.3390/resources12040050
12. A. Katsubin, S. Markov, A. Khoreshok, M. Tyulenev, E3S Web of Conferences, 174, 01027 (2020). – DOI: 10.1051/e3sconf/202017401027.
13. Dubinkin D.M. Metodika opredeleniya nagruzok, deystvuyushchikh pri pogruzke i razgruzke gruzovoy platformy (kuzova) kar'ernogo samosvala // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. 2022, №3(161), s. 31-49. doi.org/10.26730/1816-4528-2022-3-31-49.
14. Influence of transport and road complex on the natural-technical system / I.I. Bosikov, R.V. Klyuev, V.K. Tavasiev, M.A. Gobeev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 918. – 2020. – P. 012223. – DOI 10.1088/1757-899X/918/1/012223.
15. Zyryanov, I.V. Proizvoditel'nost' vyemochno-pogruzochnogo oborudovaniya / I.V. Zyryanov, Yu.I. Lel', D.Kh. Il'bul'din, N.V. Martynov, R.S. Ganiev // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal. – 2016. – № 8. – S. 11-20.
16. Analiz metodik rascheta proizvoditel'nosti kar'ernykh gidravlicheskiy ekskavatorov / O. I. Litvin, A. A. Khoreshok, D. M. Dubinkin [i dr.] // Gornaya promyshlennost'. – 2022. – №5. – S. 112-120. doi.org/10.30686/1609-9192-2022-5-112-120
17. SP 37.13330.2012 Promyshlennyy transport. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 2.05.07-91* (s Izmeneniyami N 1, 2, 3, 4) Svod pravil ot 29.12.2011 N 37.13330.2012. Primenyaetsya s 01.01.2013 vzamen SNIp 2.05.07-91

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2023 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Information about the authors

Dmitry M. Dubinkin, PhD (Tech.), Associate Professor

e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

Alexey A. Khoreshok, Dr.Sc.(Tech.), Professor, Director of Mining Institute

e-mail: haa.omit@kuzstu.ru

Shakhnaz Ya. Ismailova, master student

e-mail: ismailovashja@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

650000, Russian Federation, Kemerovo, 28 Vesennyaya St.

Sergey O. Markov, PhD (Tech.), Associate Professor

e-mail: markovso@kuzstu.ru

Mezhdurechensk branch of T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

36 Stroiteley av., Russian Federation, Kemerovo region, Mezhdurechensk, 652881

