

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

Научная статья

УДК 622.271

DOI: 10.26730/1999-4125-2024-2-57-67

ОБОСНОВАНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОСАМОСВАЛОВ РАЗЛИЧНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ПРИ БЛОКОВОМ СПОСОБЕ ОТРАБОТКИ КАРЬЕРНОГО ПОЛЯ

Селюков Алексей Владимирович,
Герасимов Андрей Викторович

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,

* для корреспонденции: sav.ormpi@kuzstu.ru



Информация о статье

Поступила:

14 февраля 2024 г.

Одобрена после

рецензирования:

15 мая 2024 г.

Принята к публикации:

29 мая 2024 г.

Опубликована:

13 июня 2024 г.

Ключевые слова:

дальность
транспортирования вскрыши,
блоковый способ, борт
карьера, грузоподъемность
автосамосвала,
эффективность

Аннотация.

Предложены способы эффективной отработки угольных месторождений открытым способом, включая повышение эксплуатационной производительности автосамосвалов или снижение продолжительности их движения в грузовом направлении с нижних горизонтов на верхние. При блоковом порядке отработки карьерного поля рассмотрены варианты отгона борта для создания транспортных берм на уступах с целью выявления наиболее эффективной геометрии рабочей зоны, удовлетворяющей условию минимального движения автосамосвалов в груженном направлении вверх по борту или полностью исключаяющей такое движение, с учетом динамики изменений значений снижения эксплуатационной производительности автосамосвалов и их области применения от глубины карьерного поля. Для наиболее распространенных при перевозке вскрышной породы автосамосвалов установлены значения эффективной глубины их использования с увязкой по грузоподъемности. Определены варианты разгона борта с оценкой экономической эффективности движения самосвалов от мест погрузки в забое до разгрузки на отвале. Установлена взаимосвязь изменения себестоимости и эффективности разгона борта с учетом выплат по экологическим платежам за размещение пород во внешних отвалах и покупке дополнительных единиц автосамосвалов.

Для цитирования: Селюков А.В., Герасимов А.В. Обоснование области применения автосамосвалов различной грузоподъемности при блоковом способе отработки карьерного поля // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2024. № 2 (162). С. 57-67. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-2-57-67, EDN: FCPLPH

Значительная часть угольных месторождений Кузбасса по структуре представляет собой свиту пластов различного залегания со значительными тектоническими нарушениями, которые имеют большое простирание и распространяются на большую глубину [1]. Такие месторождения в основном принято разрабатывать с применением углубочных продольных систем разработки с применением автомобильного транспорта с перемещением вскрышных пород как на внешние, так и на внутренние отвалы [2-6].

Такие же подходы встречаются и в практике работы зарубежных карьеров [7,8]. На практике нередко встречаются случаи, когда при наличии у предприятия свободных емкостей в выработанном пространстве для начала формирования внутреннего отвала сначала предусматривают максимальное заполнение внешних отвалов и только потом начинают формировать внутренний отвал, что негативно сказывается на экономической эффективности отработки месторождения. В связи с этим

автосамосвалы более продолжительный срок используются при максимальных значениях дальности транспортирования, в т.ч. это движение в контуре карьерного поля и за его пределами, что негативно влияет на экономическую эффективность предприятия. Дополнительно к снижению экономической эффективности также происходит негативное воздействие на окружающую среду посредством большего числа негативных выбросов и пыления за счет значительного пробега автосамосвалов различной грузоподъемности.

В настоящее время в проекты рудных и

первоначального блока. Далее предложено обоснование области применения автосамосвалов для перемещения вскрышной породы, также в патенте на изобретение [13] приведены аналитические формулы, являющиеся методической основой дальнейших расчетов.

После заполнения всех внешних отвальных емкостей предусматривается формирование внутреннего отвала, однако из-за значительной глубины горных работ и минимальных устойчивых берм по бортам карьера расстояние транспортирования пустой породы из забоя на внутренний отвал не снижается, так как

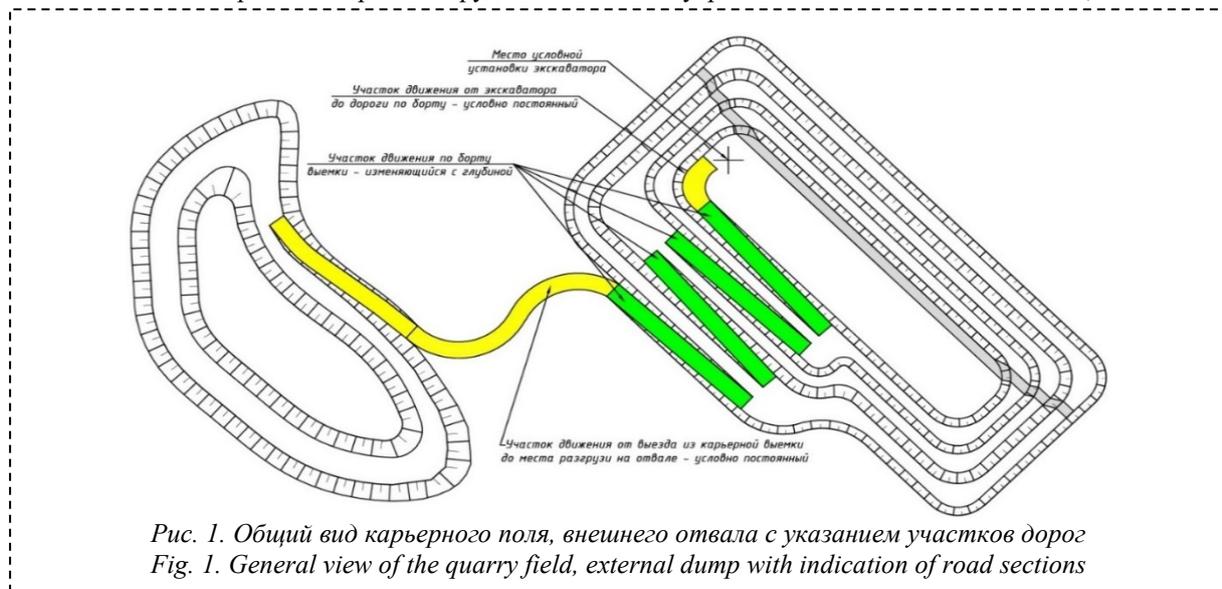


Рис. 1. Общий вид карьерного поля, внешнего отвала с указанием участков дорог
Fig. 1. General view of the quarry field, external dump with indication of road sections

угольных предприятий внедряется с целью ресурсосбережения блоковой порядок отработки. Основоположником данного способа к.т.н. Рутковским Б.Т. [9] предлагается деление карьерного поля на блоки с применением в каждом из них углубочной продольной системы разработки [10], причем первоначальный отработывался до конечной глубины карьера и вывозкой вскрышной породы колесными видами транспорта на внешний отвал, последующие блоки отработывались с внутренним отвалообразованием. К этому же порядку разработки карьерного поля д.т.н. Корякиным А.И. и д.т.н. Селюковым А.В. предлагалась слоевая отработка каждого блока [11,12].

Для установления рациональной области применения автосамосвалов различной грузоподъемности при перевозке вскрышной породы предлагается способ [13], учитывающий рациональную дальность транспортирования, которая включает в себя расстояние транспортирования по дну блока, борту блока и расстояния до внешнего отвала от

карьерному транспорту необходимо спуститься до места возможного въезда на отвал, которым может являться как широкая берма, так и непосредственно заезд на отвал.

В общем виде дальность транспортирования вскрышных пород и полезного ископаемого на предприятии формируется из суммы протяженностей коммуникаций в контуре карьерного поля и дорог по поверхности до отвалов и мест складирования угля. Места расположения отвалов и мест складирования полезного ископаемого зачастую имеют стационарное расположение, соответственно, расстояние от карьерной выемки до таких мест по поверхности будет более или менее постоянным и не изменяющимся со временем.

При этом участки трасс от мест погрузки горной массы экскаватором до начала участка дороги по борту выемки и участок от точки подъема на дневную поверхность до места разгрузки на отвале будут являться условно неизменными с увеличением глубины, как показано на Рис. 1.

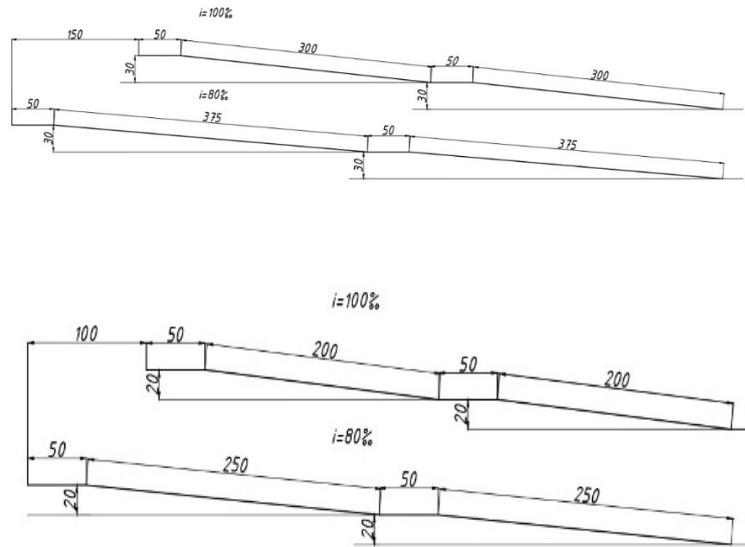


Рис. 2. Продольный профиль с расчетными параметрами транспортных коммуникаций для уступов различной высоты (30 и 20 метров)

Fig. 2. Longitudinal profile with calculated parameters of transport communications for ledges of various heights (30 and 20 meters)

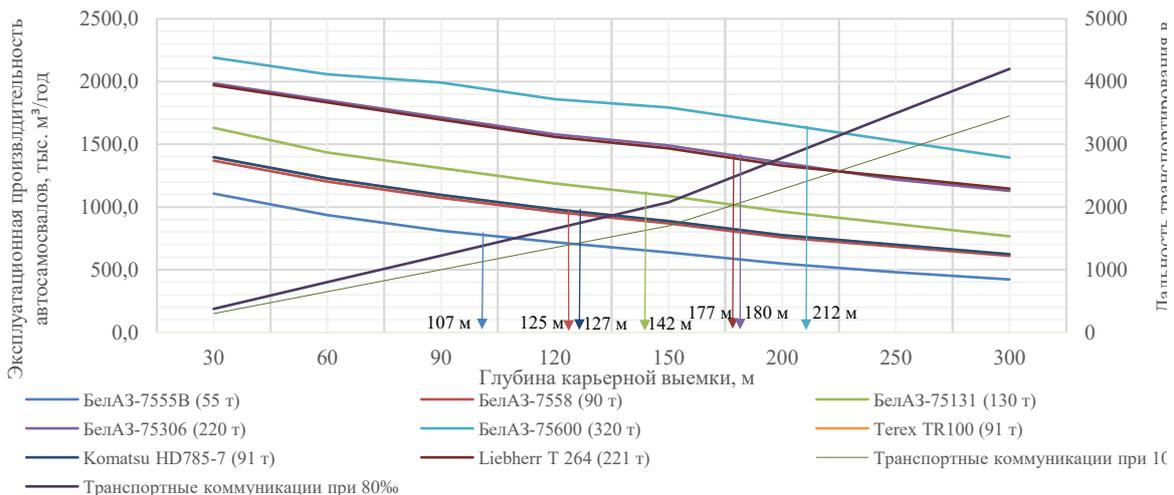


Рис. 3. Совмещенный график изменения эксплуатационной производительности автосамосвалов с увеличением глубины горных работ

Fig. 3. Combined schedule of changes in the operational performance of dump trucks with an increase in the depth of mining operations

Производственные процессы по выемке, перемещению и складированию вскрышных пород являются весьма затратными по своей сути. Одним из наиболее затратным с точки зрения себестоимости является процесс транспортирования горной массы от мест образования пород к местам их размещения. С учетом составляющих дальность транспортирования можно представить в следующем виде:

$$L_{mp} = L_k + L_{нов}, \quad (1)$$

где L_k – расстояние транспортирования вскрышных пород в контуре карьерного поля, км, в т.ч. по горизонтальным (площадка между

съездами) и наклонным (скользящие съезды) участкам; $L_{нов}$ – расстояние транспортирования вскрышных пород по дневной поверхности вне контуров карьера, в т.ч. движение до отвала и по самому отвалу, км.

Согласно применяемым в настоящее время технологиям [14] для наиболее максимального извлечения полезного ископаемого по мере углубки горных работ вышележащие рабочие уступы сдваиваются или страиваются в зависимости от высоты рабочего уступа и необходимой высоты предельного уступа. Следовательно, высота предельного уступа напрямую влияет на конструкцию транспортных



Рис. 4. Зависимости изменения эффективной области использования автосамосвалов от грузоподъемности

Fig. 4. Dependences of changes in the effective area of use of dump trucks on the load capacity

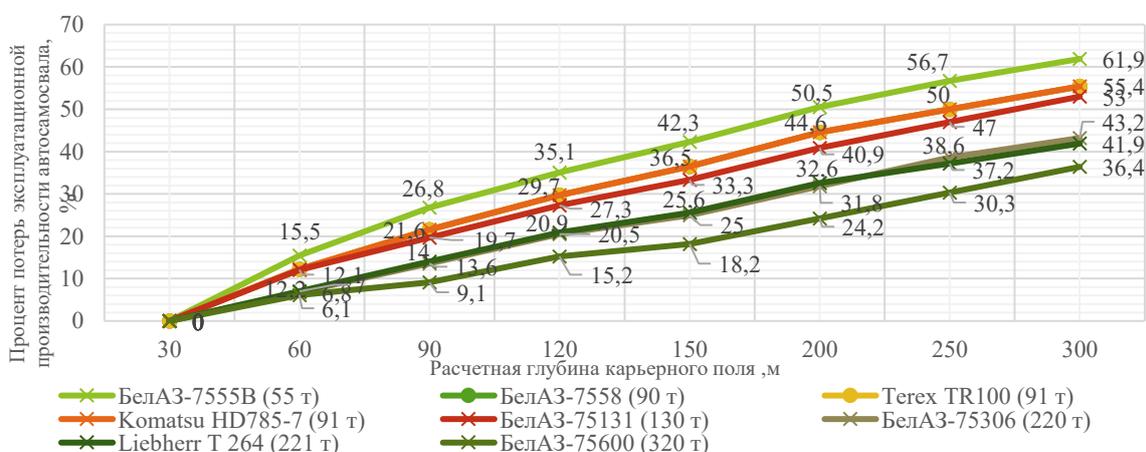


Рис. 5. Динамика изменения потерь производительности автосамосвалов при увеличении глубины карьерного поля

Fig. 5. Dynamics of changes in dump truck productivity losses with an increase in the depth of quarry field

коммуникаций в процессе отработки и при доработке месторождения. Дополнительным фактором в конструкции трассы является значение продольного уклона [15]. На угольных предприятиях наиболее часто на практике применяются максимальные значения продольного уклона, не превышающие 100%. Обобщенная конструкция транспортных коммуникаций для различной высоты предельного уступа – 20-30 метров при значениях продольных уклонах 80-100% – показана на Рис. 2.

Принимая во внимание тот факт, что место расположения внешнего отвала будет стационарным и неизменным при увеличении глубины карьерного поля и являться максимально возможно близким к месту выезда из карьера, то в расчетах затраты на преодоление расстояния до внешнего отвала будут иметь

постоянную величину. Аналогично отвалу от точки начала подъема с нижнего горизонта до экскаватора затраты на преодоление этого расстояния также будут постоянными, так как начало съезда будет заложено максимально близко к последней заходке экскаватора на дне карьерного поля. На каждый уступ в предельном положении по сравнению с одним уступом приходится увеличение плеча транспортирования на 425 м.

При этом эксплуатационная производительность автосамосвалов в груженом направлении, соответственно, при выезде из карьерной выемки снижается при увеличении глубины горных работ. В расчете приняты наиболее распространенные марки и модели автосамосвалов с грузоподъемностью от 55 т до 320 т (Рис. 3).

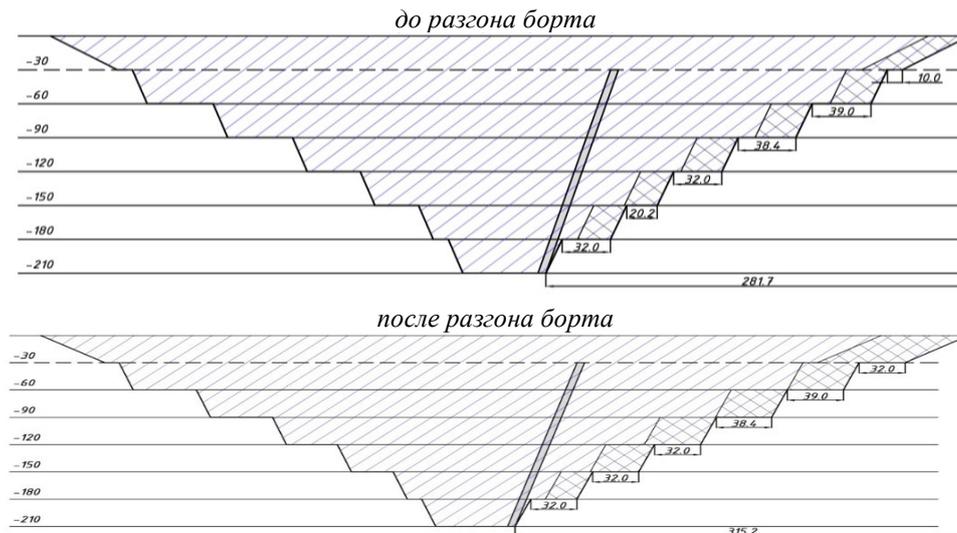


Рис. 6. Поперечный профиль карьерного поля до и после разгона борта
 Fig. 6. The transverse profile of the quarry field before and after the acceleration of the board

Таблица 1. Распределение погоризонтных объемов горной массы в контуре карьерного поля
 Table 1. Distribution of horizon-by-horizon volumes of rock mass in the contour of the quarry field

Горизонт, м	Длина, м	Площадь горизонта, м ²	Объем вскрыши в горизонте, м ³	Себестоимость транспортирования вскрыши за контур карьерного поля, руб./м ³
30	2558	16184	41 133 919,00	607 861 629,76
60	2486	13936	34 387 595,00	1 084 089 564,93
90	2414	10828,6	25 890 391,40	1 249 821 751,03
120	2342	7765,1	17 943 467,20	1 166 712 049,72
150	2270	5284,1	11 759 962,00	961 606 506,76
180	2198	3187,2	6 777 972,60	667 748 915,62
210	2126	1965,3	3 958 186,80	456 242 281,64
Всего			141 851 494,0	6 194 082 699,5

На основании данных, представленных на графике (Рис. 3), можно сделать однозначный вывод о снижении производительности автосамосвалов при увеличении глубины отработки. При этом стоит отметить, что условная точка пересечения линии эксплуатационной производительности автосамосвала и линии изменения дальности транспортирования будет являться ориентировочной границей возможности применения автосамосвалов определенной модели и грузоподъемности.

На графике, представленном на Рис. 4 в виде обобщенной линии, отчетливо видна зависимость эффективной области использования автосамосвала от его грузоподъемности, в качестве примера для автосамосвала грузоподъемностью 220 т область применения обозначена стрелками.

Учитывая факт снижения эффективности работы автосамосвалов при изменении глубины карьерного поля, можно определить, на сколько снижается эксплуатационная

производительность карьерного транспорта с глубиной отработки, приняв условно за 100% работу без потерь, подъем на 30 м; данные отражены на Рис. 5.

Как видно из графика, представленного на Рис. 5, наибольшие потери производительности выявлены у автосамосвалов, имеющих минимальную грузоподъемность, соответственно, у автосамосвалов, имеющих максимальную грузоподъемность выявлены минимальные снижения значений эксплуатационной производительности. При этом потери эксплуатационной производительности у автосамосвалов с грузоподъемностью 320 т практически в 2 раза меньше, чем у автосамосвалов с грузоподъемностью 55 т. Соответственно, неэффективно использовать автосамосвалы для движения по наибольшей дальности транспортирования, т.е. от места погрузки на дне карьерного поля до выезда из него, увеличивая тем самым затраты на покупку дополнительных

Таблица 2. Распределение погоризонтных объемов и себестоимости транспортировки горной массы по вариантам

Table 2. Distribution of over-the-horizon volumes and the cost of transporting rock mass by options

Горизонт, м	Длина, м	Объем первоочередной выемки, тыс. м ³	Себестоимость транспортирования за контур карьера, млн руб./м ³	Оставшийся объем в горизонтах, тыс. м ³	Себестоимость транспортирования в контуре карьера, млн руб./м ³	Объем разности, тыс. м ³	Себестоимость выемки объемов разности, млн руб./м ³
Транспортные бермы на всех горизонтах							
30	768	13 751,3	203,21	32 050,67	970,00	1 401,5	117,73
60	696	10 441,1	329,16	26 853,04	736,51	813,97	68,37
90	624	7 422,2	358,30	21 291,33	523,55	729,77	61,30
120	552	4 874,7	316,96	15 807,67	343,86	645,56	54,23
150	480	2 972,4	243,06	11 084,93	209,68	485,81	40,81
180	408	1 526,6	150,40	6 697,82	107,69	268,50	22,55
210	336	625,5	72,11	3 332,62	44,13	-	-
Транспортные бермы через один горизонт							
30	768	12 975,9	191,75	32 826,04	993,47	626,30	52,61
60	696	10 194,7	321,39	27 099,50	743,27	567,59	47,68
90	624	7 201,2	347,63	21 512,29	528,99	508,87	42,75
120	552	4 679,3	304,26	16 003,08	348,11	450,16	37,81
150	480	2 802,5	229,16	11 254,90	212,89	315,89	26,53
180	408	1 526,6	150,40	6 697,82	107,69	268,50	22,55
210	336	625,5	72,11	3 332,62	44,13	-	-
Транспортные бермы через два горизонта							
30	768	12 621,7	186,52	33 180,32	1 004,19	271,95	22,84
60	696	9 873,6	311,27	27 420,56	752,07	246,45	20,70
90	624	6 913,4	333,74	21 800,14	536,06	220,96	18,56
120	552	4 424,6	287,70	16 257,77	353,65	195,46	16,42
150	480	2 657,1	217,27	11 400,34	215,64	170,45	14,32
180	408	1 258,1	123,95	6 966,29	112,00	-	-
210	336	625,5	72,11	3 332,62	44,13	-	-

единиц техники и увеличивая себестоимость транспортирования вскрышной породы.

На основании полученных промежуточных выводов и результатов предлагается снижение себестоимости и затрат за счет исключения движения автосамосвалов на подъем в грузеном направлении или с подъемом на минимальную высоту при формировании геометрических и объемных параметров блоков. Соответственно, движение техники предлагается производить по транспортным бермам, формируемым на одном из бортов карьерного поля, что повлечет за собой разгон борта и, как следствие, увеличение разработки вскрышной породы (Рис. 6).

Учитывая то, что движение до отвала от карьерного поля и от забоя до борта будет постоянным, получаем, что затраты в исходном случае будут составлять затраты на транспортирование вскрыши и ее размещение в отвале, а при отгоне борта еще дополнительные затраты на разнос. В качестве исходных данных в расчетах принимаются следующие:

себестоимость выемки коренной вскрыши – 84 руб./м³; себестоимость транспортировки коренной вскрыши – 15,7 руб./ткм; объемный вес – 2,51 т/м³; длина карьера по верху – 2630 м; высота уступа – 30 м; транспортное оборудование – БелАЗ-7555В; транспортная берма – 32,0 м.

В исходном положении все вскрышные породы рабочих горизонтов предусматривается перемещать за пределы контура карьерного поля, т.е. подниматься в грузеном направлении с нижних горизонтов. Так как наиболее распространенным на действующих угольных предприятиях является уклон в 80%, то для дальнейшего расчета принята протяженность дорог для уклона, равного 80%. Распределение погоризонтных объемов горной массы в исходном контуре карьерного поля представлено в Таблице 1.

Как видно по результатам расчета, себестоимость перемещения вскрыши из первоначального контура составит более 6,0

Таблица 3. Расчет экологических платежей за размещение вскрышных пород на внешнем отвале
Table 3. Calculation of environmental payments for the placement of overburden rocks on an external dump

Наименование отхода	Рассматриваемый вариант	Масса размещения вскрыши, тыс. т	Кид	Кп	Кд	Э _{пл} , млн руб.
Вскрышные породы в смеси	Исходный вариант	356047,2	1,1	0,3	1,08	126,90
	1 вариант	104451,8				37,23
	2 вариант	100415,3				35,79
	3 вариант	96319,5				34,33

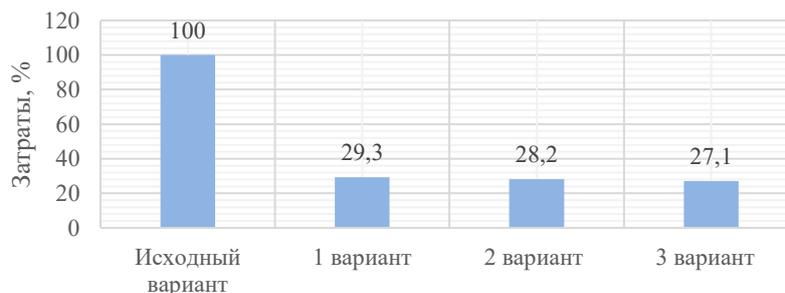


Рис. 7. Сводный график изменения затрат по экологическим платежам в зависимости от расчетного варианта

Fig. 7. Summary schedule of changes in the costs of environmental payments, depending on the settlement option

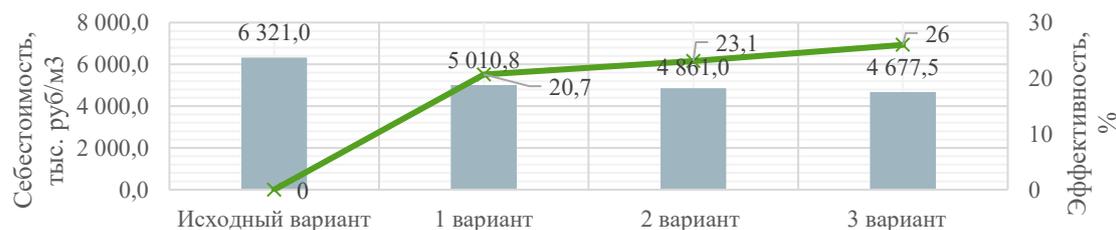


Рис. 8. Совмещенный график изменения себестоимости и эффективности разноса борта

Fig. 8. Combined schedule of changes in the cost and efficiency of the separation of the board

млрд руб. При этом сумма экологических платежей за размещение вскрышных пород за контуром карьерной выемки составит 126,9 млн руб.

Предлагаемый вариант снижения себестоимости подразумевает под собой создание минимального выработанного пространства для возможности размещения внутреннего отвала и создания на рабочих горизонтах транспортных берм. Соответственно, вскрышные породы первоначальной карьерной выемки перемещаются на внешние отвалы. В расчете качества транспортного оборудования принят БелАЗ-7555В с шириной транспортной бермы 32,0 м.

Рассмотрим следующие случаи разноса борта и создания на рабочих горизонтах транспортных берм: создание транспортных берм на всех горизонтах; создание транспортных берм через один горизонт; создание транспортных берм через два горизонта.

Объемы перемещаемых вскрышных пород первоначального блока за пределы контура

карьера, а также транспортировка последующих объемов в контуре карьерного поля представлены в Таблице 2.

При этом стоит отметить, что складирование вскрышных пород на внешних отвалах, помимо затрат на аренду земельных ресурсов, или на ярусах внутренних отвалов, превышающих исходный рельеф поверхности, предусматривает плату в виде экологических платежей. Методика расчета эколого-экономических показателей основана на нормативном документе – «Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ при сжигании угля и технологических процессах горного производства на предприятиях угольной промышленности» ОАО «Межотраслевой научно-исследовательский и проектно-технологический институт экологии топливно-энергетического комплекса (ОАО «МНИИЭКО ТЭК»)» (Пермь, 2014. 186 с.)

Сумма экологических платежей рассчитывается по формуле:

Таблица 4. Необходимое количество самосвалов по вариантам
Table 4. The required number of dump trucks according to the options

Рассматриваемый вариант	При подъеме на горизонт	При спуске на горизонт
Исходный вариант	171,0	
1 вариант	176,0 (+5,0) *	
2 вариант	178,0 (+7,0)	177,0 (+6,0)
3 вариант	182,0 (+11,0)	180,0 (+9,0)

Примечание: * В скобках указано количество дополнительных автосамосвалов к исходному

$$\mathcal{E}_{\text{пл}} = (V_1 * p_1 + V_2 * p_2 + V_n * p_n) * K_{\text{п}} * K_{\text{ид}} * K_{\text{д}} \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{пл}}$ – размер экологических платежей за размещение горных пород на отвале; V_1, V_2, V_n – объем размещаемых горных пород; p_1, p_2, p_n – плотность размещаемых на внешнем отвале горных пород; $K_{\text{п}}$ – понижающий коэффициент для горных предприятий = 0,3, устанавливается Федеральным законом от 10.01.2002 № 7-ФЗ; $K_{\text{ид}}$ – иной дополнительный коэффициент к плате за негативное воздействие на окружающую среду, устанавливается Постановлением Правительства РФ от 13.09.2016 №913; $K_{\text{д}}$ – дополнительный коэффициент платы за негативное воздействие на окружающую среду, устанавливается Постановлением Правительства РФ от 11.09.2020 №1393;

Расчет экологических платежей за размещение вскрышных пород на внешнем отвале по вариантам представлен в Таблице 3.

Как видно из приведенной выше Таблицы 3, в зависимости от рассматриваемого варианта прослеживается явное снижение затрат на размещение вскрышных пород за пределами карьерного поля.

На Рис. 7 представлен график изменения затрат по экологическим платежам по рассмотренным вариантам в процентном соотношении относительно исходного варианта, принятого за 100%.

По результатам проведенных расчетов составлен совмещенный график изменения себестоимости и эффективности предлагаемых вариантов с учетом затрат на выплату экологических платежей в зависимости от рассматриваемого варианта, представленный на Рис. 8.

Как видно из графика, представленного на Рис. 8, делать разноску борта для создания на уступах транспортных берм весьма эффективно, при этом себестоимость разноски борта более чем на 20% ниже, чем в исходном варианте. В денежном эквиваленте экономия бюджета горного предприятия составит свыше 1,3 млрд рублей. Однако разноска борта на горизонтах до ширины транспортной бермы сопровождается увеличением объемов вскрышных работ и, как следствие, возникает дополнительная нагрузка на парк автосамосвалов. Необходимое

количество самосвалов по вариантам представлено в Таблице 4.

С учетом ориентировочной цены на автосамосвал БелАЗ-7555 в 60,0 млн руб. дополнительно к затратам на разработку, транспортировку и размещение вскрышных пород на внешних отвалах затраты на покупку дополнительной техники составят от 300,0 до 660,0 млн руб. Принимая во внимание все имеющиеся затраты с учетом покупки дополнительной техники, экономический эффект составляет от 1010,14 до 1103,5 млн руб.

Вывод. Таким образом, в исследовании установлена экономически эффективная высота подъема автосамосвала в груженом направлении при блоковом способе обработки карьерного поля, а также исследованы способы снижения затрат на разработку горной массы путем разноса рабочих горизонтов борта до ширины транспортной бермы для обеспечения возможности движения автосамосвалов по горизонтальной поверхности, исключая длительное движение в грузовом направлении. В результате проведенного исследования выявлено, что при разносе борта происходит увеличение обрабатываемого объема горной массы, но за счет исключения движения самосвалов с нижних горизонтов на верх или снижение его до минимума производительность самосвалов увеличивается, что положительно сказывается на эффективности ведения горных работ. При этом совокупно исключение движения самосвалов в груженом направлении с нижних горизонтов наверх, разбор дополнительных объемов, покупка дополнительной техники, а также экологические платежи за размещение пород во внешних отвалах показывают свою эффективность, снижая затраты до 20%.

Список литературы

1. Латыпов З. Г. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации. Выпуск 91. Уголь. Том VII. Сибирский Федеральный Округ. М. : ФБГУ «Росгеолфонд», 2021. 484 с.
2. Яковлев В. Л. Актуальные проблемы карьерного транспорта и перспективы его развития // Проблемы недропользования. 2017. № 4(15). С.

5–9. DOI: 10.18454/2313-1586.2017.04.005.

3. Яковлев В. Л. Формирование транспортных систем карьеров с учетом адаптации к изменяющимся условиям разработки глубокозалегающих сложноструктурных месторождений // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2018. № 6. С. 118–126. DOI: 10.21440/0536-1028-2018-6-118-126.

4. Гавришев С. Е., Кольга А. Д., Пыталев И. А., Попова Т. М. Повышение эффективности использования автосамосвалов в условиях карьеров на открытых горных работах // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2019. № 3. С. 161–170.

5. Спирин В. И., Ливинский И. С., Хормазабаль Э. Х. Оптимизация конструкций бортов карьеров на основе оценки рисков // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2019. № 3. С. 317–331.

6. Селиванов В. М., Степанов А. А. Опыт повышения эффективности работы автосамосвалов на разрезе «Березовский» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № S41. С. 174–182.

7. Tian H., Wang Z., Disturbance behavior of open-pit mine on environment and its control technology // Meitan Xuebao. 2018. Vol. 43, No. 9. P. 2416–2421. DOI: 10.13225/j.cnki.jccs.2018.0928.

8. Benlaajili S., Medromi H., Moutaouakkil F., Mourad S., Chebak A., Deshayes L. Optimization of Truck-Shovel Allocation Problem in Open-Pit Mines // Communications in Computer and Information Science. 2020. Vol. 1207. P. 243–255. DOI: 10.1007/978-3-030-45183-7_19.

9. Рутковский Б. Т. Блочный способ обработки карьерных полей с большим простиранием // Разработка угольных месторождений открытым способом. Сб. науч. тр. Кемерово : КузПИ, 1972. С. 81–87.

10. Ржевский В. В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ // М. : Недра, 1975. 574 с.

11. Корякин А. И., Селюков А. В. Блочнослоевая сплошная поперечная система разработки // Перспектива развития Прокопьевско-Киселевского угольного района, как составная часть комплексного инновационного плана моногородов: сборник тр. III Международной научно-практической конференции, Прокопьевск, 2011. С. 105–108.

12. Селюков А. В. Обоснование и разработка ресурсосберегающих технологий открытой угледобычи на карьерных и отработанных шахтных полях: специальность 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Селюков Алексей Владимирович. Кемерово, 2019. 308 с.

13. Герасимов А. В., Селюков А. В. Патент 2800752 РФ, МПК E21C 41/26 (2006.01) E21C 1/28 (2006.01) СПК E21C 41/26 (2023.01) E21C 41/28 (2023.02) Способ открытой разработки месторождений полезных ископаемых.

14. Дополнения к типовым технологическим схемам ведения горных работ на угольных разрезах (издание НИИОГР, Челябинск 1991 г.). М., 1996 г.

15. СП 37.13330.2012 «Промышленный транспорт». Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91. М., 2012 г.

© 2024 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Селюков Алексей Владимирович, докт. техн. наук, профессор, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, кафедра открытых горных работ (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: sav.ormpi@kuzstu.ru

Герасимов Андрей Викторович, аспирант, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, кафедра открытых горных работ (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: and-95.2010@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Селюков Алексей Владимирович – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, концептуализация исследования.

Герасимов Андрей Викторович – сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы, написание текста, выводы.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

JUSTIFICATION OF THE FIELD OF APPLICATION OF DUMP TRUCKS OF VARIOUS LOAD CAPACITIES IN THE BLOCK ORDER OF MINING OF THE QUARRY FIELD

Alexey V. Selyukov,
Andrey V. Gerasimov

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

*for correspondence: sav.ormpi@kuzstu.ru



Article info

Received:

14 February 2024

Accepted for publication:

15 May 2024

Accepted:

29 May 2024

Published:

13 June 2024

Keywords: overburden transportation range, block method, quarry side, dump truck load capacity, efficiency

Abstract.

The methods of effective mining of coal deposits in an open manner are proposed, including increasing the operational productivity of dump trucks or reducing the duration of their movement in the cargo direction from the lower horizons to the upper ones. With the block order of mining of the quarry field, the options for driving off the side to create transport berms on ledges are considered in order to identify the most effective geometry of the working area satisfying the condition of minimal movement of dump trucks in the loaded direction up the side or completely excluding such movement, taking into account the dynamics of changes in the values of the decrease in the operational productivity of dump trucks and their dependence on the depth of the quarry field. For the most common dump trucks used in the transportation of overburden, the values of the effective depth of their use have been established with a link in load capacity. The variants of the board acceleration with an assessment of the economic efficiency of the movement of dump trucks from the places of loading in the face to unloading on the dump are determined. The relationship between the change in the cost and the efficiency of the acceleration of the board, taking into account payments for environmental payments for the placement of rocks in external dumps and the purchase of additional units of dump trucks, has been established.

For citation: Selyukov A.V., Gerasimov A.V. Justification of the field of application of dump trucks of various load capacities in the block order of mining of the quarry field. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2024; 2(162):57-67. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2024-2-57-67, EDN: FCPLPH

REFERENCES

1. Latypov Z.G. State balance of mineral reserves of the Russian Federation. Issue 91. Coal. Volume VII. Siberian Federal District. M.: FSUE "Rosgeolfond"; 2021.484 p.
2. Yakovlev V.L. Actual problems of career transport and prospects for its development. *Problems of subsurface use*. 2017; 4(15):5–9. DOI: 10.18454/2313-1586.2017.04.005
3. Yakovlev V.L. Formation of quarry transport systems taking into account adaptation to changing conditions of development of deep-lying complex-structured deposits. *News of higher educational institutions. Mining Journal*. 2018; 6:118–126. DOI: 10.21440/0536-1028-2018-6-118-126.
4. Gavrishev S.E., Kolga A.D., Pytalev I.A., Popova T.M. Improving the efficiency of using dump trucks in open pit mining operations. *Izvestiya Tula State University. Earth Sciences*. 2019; 3:161–170.
5. Spirin V.I., Livinsky I.S., Hormazabal E. Optimization of quarry side structures based on risk assessment. *Izvestiya Tula State University. Earth Sciences*. 2019; 3:317–331.
6. Selivanov V.M., Stepanov A.A. Experience in improving the efficiency of dump trucks at the Berezovsky section. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2016; S41:174–182.
7. Tian H., Wang Z., Disturbance behavior of open-pit mine on environment and its control technology. *Meitan Xuebao*. 2018; 43(9):2416–2421. DOI: 10.13225/j.cnki.jccs.2018.0928.
8. Benlaajili S., Medromi H., Moutaouakkil F., Mourad S., Chebak A., Deshayes L. Op-timization of Truck-Shovel Allocation Problem in Open-Pit Mines. *Communications in Com-puter and Information Science*. 2020; 1207:243–255. DOI: 10.1007/978-3-030-45183-7_19.
9. Rutkovsky B.T. Block method of mining quarry fields with a large strike / B.T. Rutkovsky. *Development of coal deposits by open method, collection of scientific tr.* Kemerovo: KuzPI; 1972. Pp. 81–87.

10. Rzhevsky V.V. Technology and complex mechanization of open-pit mining. M.: Nedra; 1975. 574 p.

11. Koryakin A.I., Selyukov A.V. Block-layered continuous transverse development system. *Prospects for the development of the Prokopievsko-Kiselevsky coal district as an integral part of the integrated innovation plan of single-industry towns: collection of tr. III International Scientific and Practical Conference.* Prokopyevsk, 2011. P. 105–108.

12. Selyukov A.V. Substantiation and development of resource-saving technologies of open-pit coal mining in quarry and spent mine fields: specialty 25.00.22

"Geotechnology (underground, open and construction)": dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. Selyukov Alexey Vladimirovich. Kemerovo, 2019. 308 p.

13. Gerasimov A.V., Selyukov A.V. Patent 2800752 RF, IPC E21C 41/26 (2006.01) E21C 1/28 (2006.01) SEC E21C 41/26 (2023.01) E21C 41/28 (2023.02) Method of open mining of mineral deposits.

14. Additions to the standard technological schemes of mining operations at coal mines (edition of NIIOGR Chelyabinsk 1991). Moscow. 1996.

15. SP 37.13330.2012 "Industrial transport". Updated version of SNip 2.05.07-91. Moscow. 2012.

© 2024 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Alexey V. Selyukov, Dr. Sc. in Engineering, Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, Vesennya st., 28), e-mail: sav.ormpi@kuzstu.ru

Andrey V. Gerasimov, postgraduate student, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, Vesennya st., 28), e-mail: and-95.2010@mail.ru

Contribution of the authors:

Alexey V. Selyukov – formulation of a research task, scientific management, conceptualization of research.

Andrey V. Gerasimov – data collection and analysis, review of relevant literature, writing of the text, conclusions.

All authors have read and approved the final manuscript.

