



УДК 622.271.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД И УГЛЯ НА РАЗРЕЗАХ

Дубинкин Д.М.<sup>1</sup>, Садовец В.Ю.<sup>1</sup>, Котиев Г.О.<sup>2</sup>, Карташов А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева

<sup>2</sup> Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

### Аннотация.

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых (в первую очередь речь идет о разработке угольных месторождений) имеет огромное значение как для экономики России в целом, так и для экономики отдельно взятых регионов, к числу которых относится Кемеровская область – Кузбасс. В 2018 году в Кузбассе было добыто 255,3 млн т угля, из которых открытым способом – 165,8 млн т (65%). Нет оснований полагать, что доля угля, добываемого на разрезах, снизится. С учетом того, что распоряжением Правительства Российской Федерации № 14-р от 24 января 2012 года утверждена Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года, включающая в себя в том числе Подпрограмму «Развитие производственного потенциала существующих мощностей по добыче и переработке угля и освоение новых угольных месторождений», одной из целей которой является внедрение прогрессивных технологий добычи угля, и Подпрограмму «Обеспечение технологического развития отрасли и укрепление научно-технической базы компаний и научных центров», можно с уверенностью говорить о том, что необходимо развивать ключевые направления этой Программы, в частности, разработку новых и развитие существующих технологий и видов оборудования, направленных на повышение эффективности добычи, обогащения, переработки и комплексного использования угля и увеличение добавленной стоимости угольной продукции.

Автомобильный транспорт в настоящее время занимает доминирующее положение при транспортировке вскрышных пород и угля на разрезах. Его доля неуклонно росла, начиная с 1970-х годов прошлого столетия. Это обусловлено объективными причинами, прежде всего достаточно ограниченной областью применения железнодорожного транспорта: значительная дальность транспортирования, большой грузооборот и небольшая глубина разреза. В первую очередь это касалось глубины открытых разработок, поскольку при углублении разреза на один уступ приходилось извлекать значительные объемы вскрыши для обеспечения размещения транспортных берм из-за большого радиуса кривизны ж/д пути, достигавшего 200 м. Поэтому, учитывая тот факт, что открытые горные работы ушли на большую глубину практически на всех предприятиях, произошел повсеместный отказ от железнодорожного транспорта на внутрикарьерных перевозках в пользу автомобильного транспорта.

Поэтому проблема исследования и описания ключевых характеристик автотранспорта при разработке угольных месторождений открытым способом является весьма актуальной.

### Информация о статье

Принята 28 октября 2019 г.

### Ключевые слова:

карьерный транспорт, умный карьер, выемочно-погрузочные работы, организация работы оборудования, автономные тяжелые платформы, грузопоток, автосамосвалы, открытые горные работы



## OVERBURDEN AND COAL TRANSPORTATION RESEARCH ON OPEN PIT MINES

Dmitry Dubinkin, Vladimir Sadovets, George Kotiev, Alexander Kartashov

<sup>1</sup> T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

<sup>2</sup> Bauman Moscow State Technical University

### Abstract.

The open pit mining of mineral deposits (first of all, the development of coal deposits) is of great importance for the economy of Russia as a whole, as well as for individual regions, including the Kemerovo region - Kuzbass. In 2018, 255.3 million tons of coal were extracted in Kuzbass, of which 165.8 million tons (65%) were produced by open-cast method. There is no reason to believe that the part of coal extracted at open-pit mines will decrease. Taking into account that the Russian Federation Government Decree No. 14-r of January 24, 2012 approved the Long-Term Development Programme for the Coal Industry of Russia until 2030, which includes, among other things, the Subprogramme "Development of Production Potential of Existing Coal Production and Processing Facilities and Development of New Coal Deposits", one of the objectives of which is the introduction of advanced coal production technologies, and the Subprogramme "Ensuring Technological Development of the Industry and Strengthening the Scientific and Technical Base of the Russian Coal Industry", it is safe to say that it is necessary to develop the key areas of this Program, in particular, the development of new and existing technologies and types of equipment aimed at improving the efficiency of coal mining, preparation, processing and integrated use and increasing the added value of coal products.

Road transport currently dominates the transportation of overburden and coal at open-pit mines. Its share has been steadily growing since the 1970s. This is due to objective reasons, firstly, rather limited area of application of railroad transport: considerable range of transportation, large cargo turnover and shallow depth of the mine. First, it concerned the depth of the open-pit mines, because when deepening the quarry by one bench it was necessary to extract significant volumes of overburden to ensure the placement of transport berms because of the large radius of curvature of the railway track, which reached 200 m. Therefore, given the fact that the open-pit mining had gone to great depths at almost all enterprises, there was a widespread abandonment of rail transport for in-quarry transport in favour of dump trucks.

That is why the problem of research and description of key characteristics of quarry transport at open pit coal mining is actual.

### Article info

Received October 28, 2019

**Keywords:** quarry transport, smart quarry, excavation and loading works, equipment operation organization, autonomous heavy platforms, cargo traffic, dump trucks, open pit mining

### Введение

В силу различных причин на разрезах Кузбасса не получил широкое распространение достаточно экономичный и перспективный вид транспорта – конвейерный. Не в последнюю очередь это связано с климатическими условиями, а также с горно-геологическими условиями Кузнецкого бассейна, которые являются одними из самых сложных в мире. Достаточно сказать о том, что более 80% угольных пластов имеют сложное или очень сложное строение.

В последнее время на разрезах начали применять автосамосвалы зарубежных фирм-производителей, среди которых можно выделить Komatsu и Caterpillar. Их технико-эксплуатационные показатели в целом находятся на том же уровне, что и у самых распространенных самосвалов – БелАЗов. Однако с учетом объявленного курса на



импортозамещение необходимо более активно развивать отечественное автомобилестроение и применительно к горнодобывающей промышленности это касается тяжелой карьерной техники.

Выемочно-погрузочные работы являются вторым после подготовки горных пород к выемке производственным процессом открытых горных работ. При транспортной технологии выемка породы производится с одновременной ее погрузкой в транспортные средства, с помощью которых порода доставляется к месту разгрузки. При бестранспортной технологии вскрышные породы в ковше экскаватора перемещаются в выработанное пространство и укладываются во внутренний отвал.

Удельный вес затрат на выемочно-погрузочные работы в общих суммарных затратах на единицу объема горной массы при транспортной технологии в зависимости от свойств пород составляет от 15 до 40%. При бестранспортной технологии с перевалкой породы в выработанное пространство эти затраты составляют 50-70%, а при разработке относительно слабых пород, выемка и перевалка которых производится без применения буровзрывных работ, они приближаются к 100%.

К основным видам применяемых на карьерах выемочных машин относятся одноковшовые и многоковшовые экскаваторы; одноковшовые погрузчики; машины для безвзрывной выемки полускальных и скальных пород; скреперы; бульдозеры.

От правильной организации выемочно-погрузочных работ зависят технико-экономические показатели работы предприятия.

Все организационные задачи (разработки открытым способом в целом) подразделяются на плановые (заранее предусмотренные, намеченные к выполнению) и неплановые (по ликвидации нарушений технологического процесса и вызванных ими неплановых простоев оборудования) [6].

Неплановые простои экскаваторов составляют 20-50% календарного времени, и 30-50% неплановых простоев относятся непосредственно к процессу выемки и погрузки.

Выемочно-погрузочные работы сопровождаются технологически необходимыми, а также организационными и аварийными перерывами. Целью организации этого процесса при принятой технологии является предотвращение неплановых простоев, а при возникновении их – быстрая ликвидация, качественное и интенсивное выполнение основной и вспомогательных работ с максимальным совмещением последних.

Задачи организации выемочно-погрузочных работ, преследующие достижение указанной цели, можно разделить на три группы: 1) связанные с обеспечением условий, определяющих сами технологические и технические возможности производства выемочно-погрузочных работ; 2) связанные с выбором порядка работы выемочно-погрузочного оборудования; 3) связанные с соблюдением принятых технологических параметров и порядка выемочно-погрузочных работ, обеспечением безопасности работы и установленных санитарно-гигиенических норм.

В целом все задачи организации выемочно-погрузочных работ связаны с созданием необходимых и рациональных условий для эффективной работы экскаватора. Сами условия зависят от рассматриваемого объема работы, а следовательно, от времени ее выполнения.

Организационно-техническим условием первой группы является состояние готовности самого экскаватора к работе. Готовность экскаватора должна быть обеспечена в течение рабочего времени, определяемого календарным периодом за вычетом продолжительности регламентированных простоев (плановых ремонтов и т.д.).

Организационно-техническими условиями первой группы являются готовность забоя и транспортного звена в периоды готовности экскаватора. Такая готовность забоя предполагает наличие определенного объема взорванной горной массы. Готовность транспортного звена обусловлена наличием и работоспособностью подвижного состава и транспортных коммуникаций.

Задачи второй группы сводятся к установлению: объемов выемочно-погрузочных работ, их расположения на уступах, порядка работы экскаваторов по выполнению этих объемов. К таким задачам относятся: размещение экскаваторов на уступах, установление рационального объема готовой к выемке породы, установление объемов массовых взрывов и взрывааемых блоков, выбор порядка отработки забоя и заходки и т.д., например, способы раздельной выемки являются способами организации выемочно-погрузочных работ.



Задачами третьей группы является соблюдение требуемых отметок кровли и подошвы уступа, угла его откоса, высоты и ширины забоя, минимальной ширины рабочей площадки, качества экскавируемой породы, требуемых размеров и ровности подъездных площадок и габарита путей, трассы экскаватора в плане и в профиле, принятого порядка отработки забоя и заходки, норм запыленности и загазованности воздуха и т.д.

Таким образом, организация выемочно-погрузочных работ включает как решение организационных задач непосредственно данного процесса, так и решение задач смежных процессов подготовки пород к выемке, транспортирования и складирования горной массы.

### **Принятое в исследовании оборудование и его производительность**

Выбор оборудования для выполнения технологических процессов основывается на теоретических положениях комплексной механизации открытых горных работ, изложенных в общем виде в фундаментальной работе [8].

В работе для выполнения технологических процессов принято современное и перспективное отечественное и зарубежное оборудование.

Ведущее выемочно-погрузочное оборудование – экскаваторы – рассматриваются трех типов: прямые механические лопаты, прямые гидравлические лопаты и обратные гидравлические лопаты.

Модели этих типов экскаваторов подбираются из условия выполнения необходимых годовых объемов горной массы и вида производства горных работ (разработка наносов, взорванной коренной породы по транспортной или бестранспортной технологиям, добычные работы).

Разработанные предложения рассчитаны на ближайшую перспективу (5-10 лет) и носят обобщенный рекомендательный характер. Считаем, что при проектировании конкретного предприятия модель оборудования может быть принята, сообразуясь с предложениями рынка горной техники.

Производительность оборудования устанавливалась следующим образом.

**Буровые станки.** Метод расчета производительности буровых станков, приведенный в работе [8], предназначен для использования при условии принятой модели бурового станка и определенном показателе трудности бурения породы. В исследовании же рассматривается обобщенный состав осадочных пород (песчаники, алевролиты и аргиллиты) II-III категории по трудности экскавации (по ЕНВ на открытые горные работы, 1989 год) [2, табл. 18; табл. 2.14], I-III категории блочности [10, табл. 1.2]. Поэтому использовать метод не совсем корректно.

Метод, изложенный в работе [22], громоздкий, конечный показатель – сменная производительность бурового станка – зависит от ряда поправочных коэффициентов, имеющих большой разброс значений, поэтому получить достоверное значение производительности представляется затруднительным.

В «Типовых проектах...» [9, 10] метод расчета производительности не приводится, а рекомендуется только потребность в буровых станках, приходящихся на 10 тыс. м<sup>3</sup> горной массы, взрываемой за сутки [9]. Станки рассматриваются отечественного производства.

Однако в практике работы разрезов применяются как отечественные буровые станки, так и станки зарубежного производства, причем последние имеют более высокую производительность. Поэтому в работе принято определять производительность буровых станков для бурения коренных пород по статистическим показателям разрезов ОАО «УК «Кузбассразрезуголь», а по углю принимать потребность в буровых станках отечественного производства по «Типовым проектам...» [9].

Производительность экскаваторов можно достаточно точно рассчитывать по методике [20], в которой рассматривается выемка взорванной породы соответствующей категории по трудности экскавации и блочности.

Производительность экскаваторов при разработке наносов рассчитывалась по методике [9, с. 21-25].

Производительность автосамосвалов рассчитывалась по методике [22, с. 365-366].

В табл. 1-3 приводятся характеристики некоторых видов планируемого в дальнейшем к использованию в работе оборудования.



Таблица 1. Буровые станки

Тип и марка бурового станка	Предел прочности буримых пород на сжатие, МПа	Диаметр скважины, мм	Глубина бурения, м	Угол наклона скважины к горизонту, град.
<b>Шарошечные</b>				
ЗСБШ-200-60	60-180	216; 244	до 60	60; 75; 90
6СБШ-200-32		216; 244	до 32	
СБШ250-МНА-32		244; 269	до 32	
СБШ-270ИЗ		250; 269; 320	до 32	
DM-M2 (США)		269	до 53	
DML-1200 (США)		269	до 53	
DM-45E (США)		251	до 42	
<b>Режущие</b>				
БТС-150Б	10-60	150		75; 90
СВБ-2М		160	до 24	60; 75; 90

Таблица 2. Экскаваторы

Прямые механические лопаты				
Модель экскаватора	Вместимость ковша (E), м	Производительность		
		эффективная (P <sub>эф</sub> ), м <sup>3</sup> /час	сменная (P <sub>см.м</sub> ), м <sup>3</sup> /см	годовая (P <sub>г.м</sub> ), тыс.м <sup>3</sup> /год
1	2	3	4	5
ЭКГ-5А	5,2	280	1315	1008
ЭКГ-8И	8	389	1955	1466
ЭКГ-10	10	467	2414	1810
ЭКГ-12	12	545	2875	2113
ЭКГ-15	15	662	3560	2616
ЭКГ-1500	18	779	4250	3060
ЭКГ-20А	20	857	4707	3390
Прямые гидравлические лопаты				
Caterpillar 345 CL	2,5	175	717	550
Caterpillar 365 CL	4	233	1073	824
Caterpillar 385 CFS	5,2	280	1357	1042
Komatsu PC1250-7L/S	6,5	330	1665	1248
Terex RH-40E	8,1	39	2045	1534
Terex RH-90E	10	467	2495	1870
Terex RH-120E	15	662	3680	2705
Terex RH-170E	18	779	4390	3226
Terex RH-200	26	1091	6288	4527
Terex RH-340	34	1403	8184	5892
Обратные гидравлические лопаты				
1	2	3	4	5
Liebherr R954C	2,6	125	1142	877
Caterpillar 345	3,2	149	1260	967
Caterpillar 375	3,6	165	1340	1030
Komatsu PC 1250-7	5,2	230	1654	1270
Liebherr R974B	7,0	302	2010	1507
Terex RH-90C	7,3	314	2068	1551
Liebherr R984C	10,2	430	3540	1980





Таблица 3. Карьерные автосамосвалы

Автосамосвалы отечественного производства малой грузоподъемности												
Показатели	КрАЗ-256Б1С			КрАЗ-6505			МоАЗ-6507		МоАЗ-7505			
Грузоподъемность, т	12			15,5			20		23			
Вместимость кузова, м <sup>3</sup> :												
– «геометрическая»	4,8			6,5			8,9		11,3			
– с «шапкой»	6,0			8,0			11,5		14,5			
Автосамосвалы фирмы Volvo малой грузоподъемности												
Показатели	Volvo FE 6×6	Volvo FM 6×6	A25D 6×6	Volvo FM 6×4	A30D 6×6	Volvo FM 8×4	A35D 6×6	A400 6×6				
Грузоподъемность, т	18	20	24	25	28	30	32	37				
Вместимость кузова, м <sup>3</sup> :												
– «геометрическая»	10	11	11,7	13	13,6	16	15,2	16,9				
– с «шапкой»	12	13	15,0	16	17,5	20	20	22,5				
Максимальная скорость, км/ч	90	90	53	90	53	90	56	55				
Автосамосвалы производства Белорусского автозавода												
Показатели	Породовозы										Углевозы	
	БелАЗ-7540	БелАЗ-7547	БелАЗ-7555В	БелАЗ-7514	БелАЗ-7513	БелАЗ-7521	БелАЗ-75303	БелАЗ-75306	БелАЗ-75601	БелАЗ-7547	БелАЗ-7555В	БелАЗ-75138
Грузоподъемность, т	32	45	55	120	136	190	200	220	320	45	55	130
Вместимость кузова, м <sup>3</sup> :												
– «геометрическая»	15,06	19,17	19,83	36,46	22,09	31,27	47,55	63,15	45,45	71,17	92,76	124,9
– с «шапкой»	19,17	19,83	36,46	22,09	31,27	47,55	63,15	45,45	71,17	92,76	124,9	84
Максимальная скорость, км/ч	50	50	55	45	45	40	50	50	61	50	55	50
Автосамосвалы фирмы Caterpillar												
Показатели	769 D	771 D	773E	773E	775E	775E	777 D	777 D	785C	789C	793C	797B
Грузоподъемность, т	40	41	58	58	63	66	96	96	140	180	223	345
Вместимость кузова, м <sup>3</sup> :												
– «геометрическая»	16,5	24,2	20,2	27,5	26,6	35,5	26,6	35,2	31,4	41,5	32,7	41,2
– с «шапкой»	24,2	20,2	27,5	26,6	35,5	26,6	35,2	31,4	41,5	32,7	41,2	42,0
Максимальная скорость, км/ч	77	57,3	65,8	65,8	65,8	65,8	60,4	60,4	54,8	54,4	54,3	67,6

Изучение технологии ведения выемочно-погрузочных работ более чем по 15 разрезам Кузбасса при применении автотранспорта показывает общую схожесть технологического процесса в плане обеспечения выполнения транспортных операций карьерных автосамосвалов: погрузка чаще всего ведется на уровне стояния экскаватора, реже – ниже уровня стояния экскаватора. Преобладающая схема подъезда автосамосвала под погрузку – тупиковая, реже кольцевая, очень редко – сквозная.

При проходке траншей и обработке узких заходов подъезд автотранспорта к экскаваторам бывает затруднен по причине недостаточной ширины площадки для разворота, необходимости наличия предохранительных и ограждающих валов и т.д. В этом случае время маневров автосамосвалов и время их обмена на погрузку значительно зависят от квалификации водителя



автосамосвала.

На эффективность выемочно-погрузочных работ влияет организация работы карьерного транспорта. При отработке угленасыщенной зоны автосамосвалы вынуждены работать с экскаваторами меньшей производительности и в более стесненных условиях.

С учетом этого эффективные соотношения вместимости ковша обратных гидравлических лопат и грузоподъемности автосамосвала находятся в пределах 4-6 [1, 2, 11]; 3,7-5,43 [12].

Производительность экскаватора снижается за счет плановых и неплановых простоев. Во время рабочей смены экскаватор простаивает во время обмена автосамосвалов. В среднем время обмена составляет 1 мин, в этот промежуток времени экскаватор совершает черпание (~30 с) и с наполненным ковшом ожидает автосамосвал (~30 с). Результаты расчета простоев экскаватора (на примере применяемого оборудования в Кузбассе) за год по причине ожидания автосамосвалов приведены в таблице 4 [15, 18].

Для отработки сложных породугольных заходок в Кузбассе используются обратные гидравлические лопаты с ковшом небольшой вместимости с погрузкой преимущественно в БелАЗ-7547 (7555D). Исходя из эффективного соотношения грузоподъемности автосамосвала и вместимости ковша экскаватора, при отработке экскаваторами с небольшой вместимостью ковша следует применять транспортное средство меньшей грузоподъемности.

В линейке автосамосвалов БелАЗ серия с минимальной грузоподъемностью – 7540 (30 т), наибольшая эффективность которой достигается при работе с экскаваторами вместимостью ковша 4-8 м<sup>3</sup>. Соответственно, целесообразно обновление автопарка, приобретение самосвалов меньшей грузоподъемности.

Таблица 4. Годовые простои экскаватора по причине ожидания обмена автосамосвалов

Показатели	Вместимость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>							
	2,5	2,5	2,8	2,8	3,1	3,1	4	4
Грузоподъемность автосамосвала, т	45,0	55,0	45,0	55,0	45,0	55,0	45,0	55,0
Количество циклов при погрузке	10,0	12,0	9,0	10,0	8,0	9,0	6,0	7,0
Время погрузки 1 единицы, мин	5,0	6,0	4,5	5,0	4,0	4,5	3,0	3,5
Время простоя экскаватора при обмене автосамосвалов, ч/год	497,5	420,9	547,2	497,5	608,0	547,2	781,7	684,0
Время простоя экскаватора при обмене автосамосвалов, смен/год	78,5	66,5	86,4	78,5	96,0	86,4	123,4	108,0
Время простоя в % от рабочего времени за год	9,1	7,7	10,0	9,1	11,1	10,0	14,3	12,5
Показатели	Вместимость ковша экскаватора, м <sup>3</sup>							
	4,2	4,2	5,2	5,2	5,3	5,3	6,7	6,7
Грузоподъемность автосамосвала, т	45,0	55,0	45,0	55,0	45,0	55,0	45,0	55,0
Количество циклов при погрузке	6,0	7,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0
Время погрузки 1 единицы, мин	3,0	3,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0
Время простоя экскаватора при обмене автосамосвалов, ч/год	781,7	684,0	912,0	912,0	912,0	912,0	1094,4	1094,4
Время простоя экскаватора при обмене автосамосвалов, смен/год	123,4	108,0	144,0	144,0	144,0	144,0	172,8	172,8
Время простоя в % от рабочего времени за год	14,3	12,5	16,7	16,7	16,7	16,7	20,0	20,0



Автосамосвалы зарубежных фирм, к примеру, Komatsu, обладают меньшими геометрическими параметрами при той же грузоподъемности, что положительно влияет на параметры забоя. Также зарубежные фирмы представляют более широкую линейку автосамосвалов меньшей грузоподъемности и, например, шарнирно-сочлененные автосамосвалы, обладающие большей маневренностью.

В таблице 5 приведены результаты сравнения минимальной ширины рабочей площадки при тупиковом развороте автосамосвалов БелАЗ и Komatsu.

Таблица 5. Сравнение минимальной ширины рабочей площадки при тупиковом развороте автосамосвала

Показатели	автосамосвал							
	БелАЗ	Komatsu	БелАЗ	Komatsu	БелАЗ	Komatsu	БелАЗ	Komatsu
Грузоподъемность, т	30-32		40-45		55		90-91	
Радиус поворота, м	8,7	7,2	10,2	7,2	9,0	8,5	11,0	9,9
Минимальная ширина рабочей площадки $Ш_{рп}=2,5R_{п}+2C$ (по СНИП)	24,75	21,0	28,5	21,0	25,5	24,25	30,5	27,75

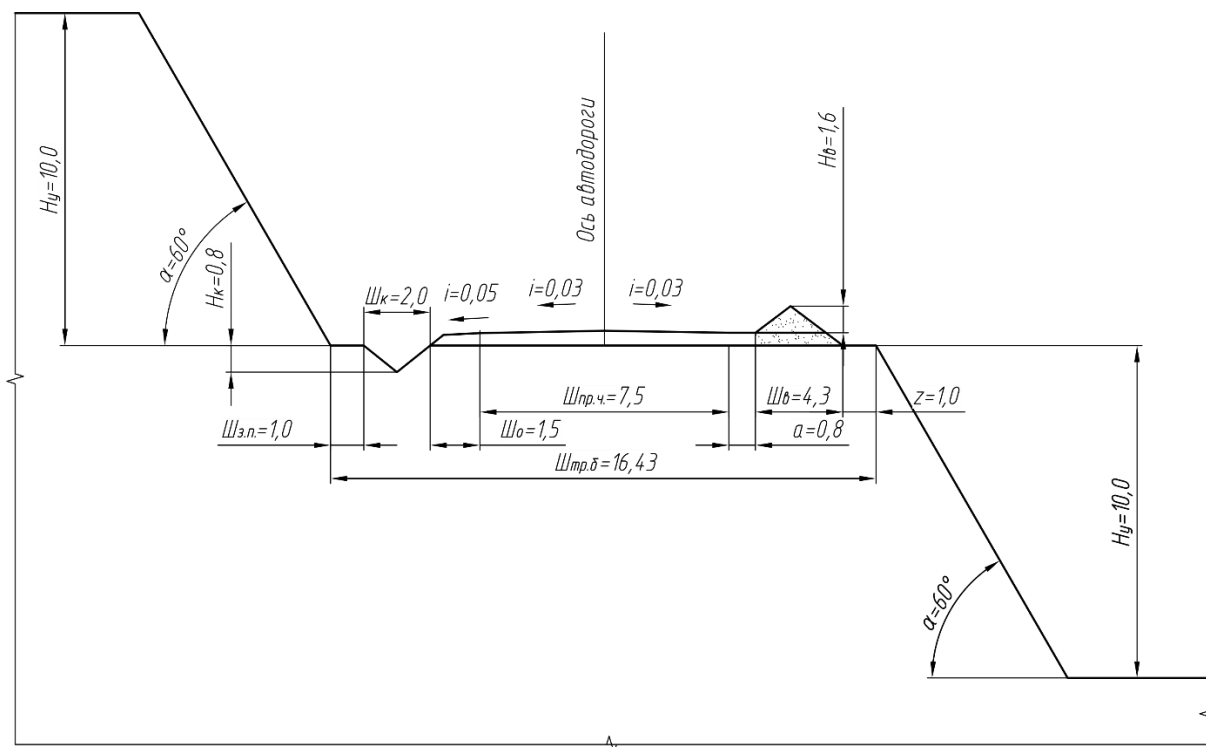


Рис. 1. Параметры транспортной бермы при высоте уступа 10 м и угле его откоса 60°.



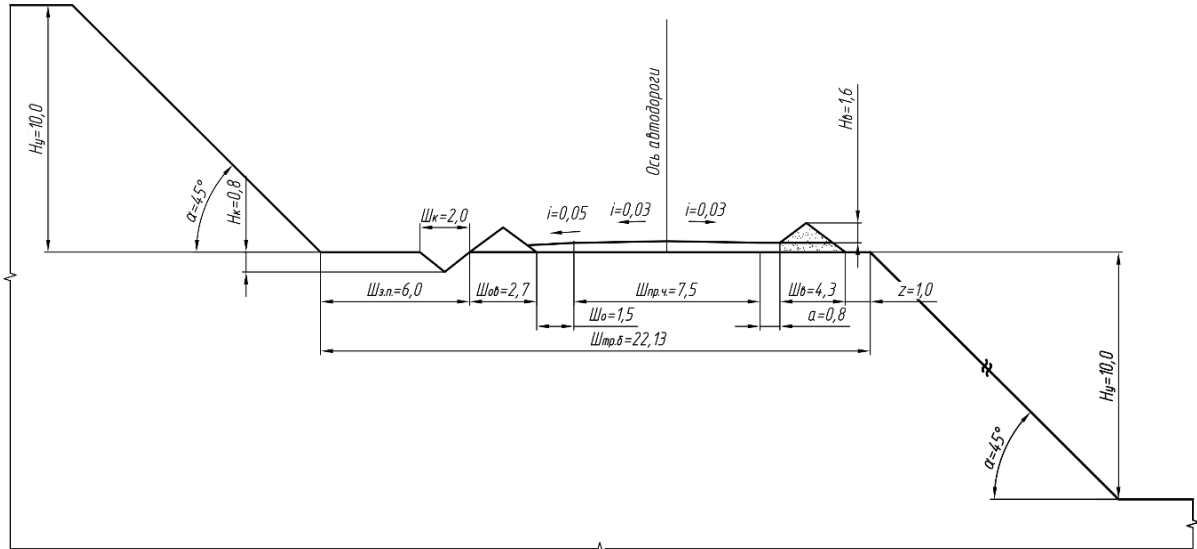


Рис. 2. Параметры транспортной бермы при высоте уступа 10 м и угле его откоса 45°.

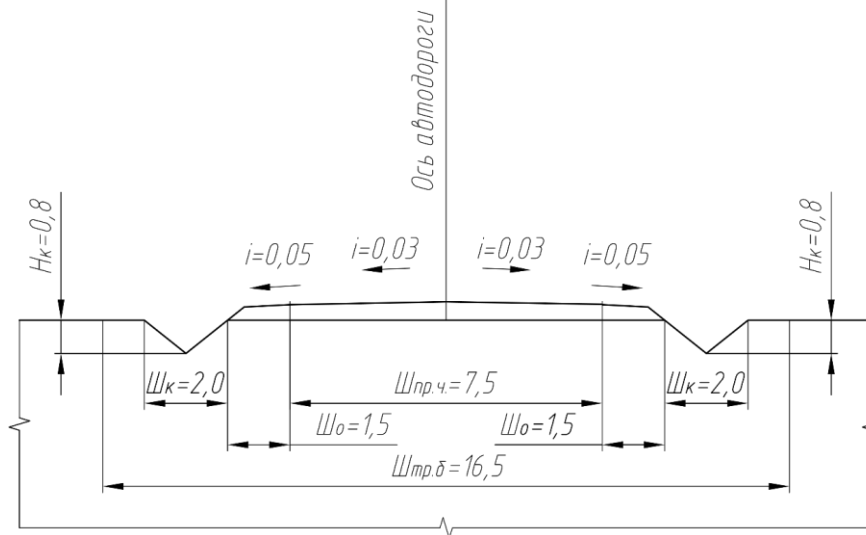


Рис. 3. Параметры карьерной автодороги на ровной поверхности

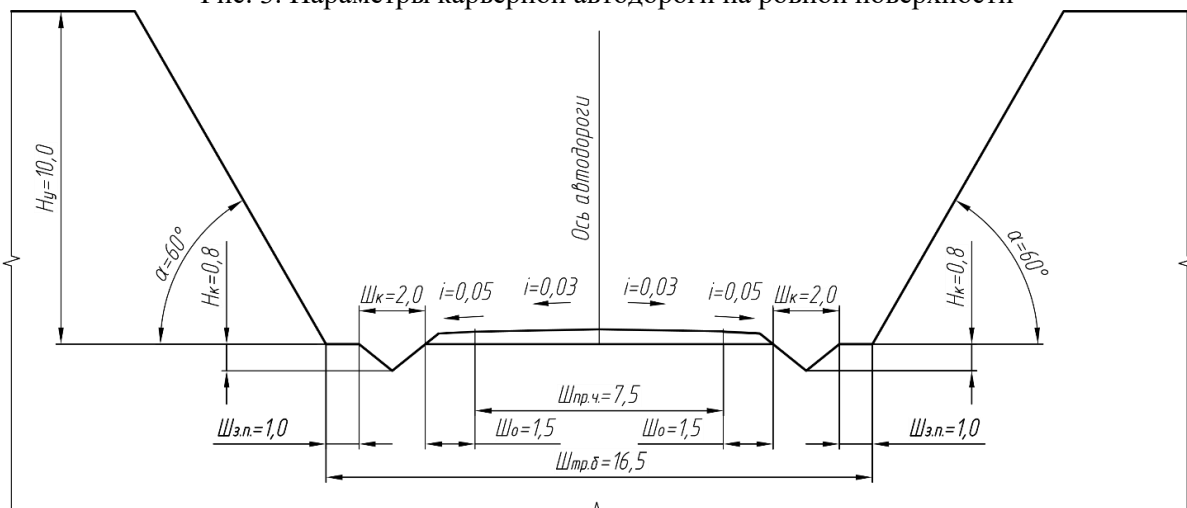


Рис. 4. Параметры карьерной автодороги в траншее

На рис. 1-4 приведены схемы транспортных берм и автодорог различного назначения для автосамосвалов малой грузоподъемности (ширина проезжей части при двухполосном движении



7,5 м). Параметры их зависят от следующих факторов:

- высоты разрабатываемого уступа;
- марки и модели применяемого оборудования и его геометрических параметров;
- свойств пород разрабатываемого уступа;
- требуемой категории автодорог, количества полос движения и т.д.

В частности, на рис. 2 показана увеличенная ширина закуветной полки Ш<sub>з.п</sub>, поскольку данная берма пройдена по породам, склонным к осыпанию. По этой же причине угол откоса равен 45°.

## Выемка и погрузка горной массы экскаваторами в автосамосвалы <sup>1</sup>

### Сменная производительность мехлопаты

При отработке горизонтального слоя мехлопатой она разрабатывает как разрушенную взрывом породу, так и массив угля (не измененной или измененной взрывными работами структуры). Физико-механические свойства развала и угля в массиве разные, следовательно, надо рассчитывать две производительности мехлопаты – по породе и по углю. Можно также использовать средневзвешенную по соответствующим объемам производительность.

Сменная эксплуатационная производительность экскаватора П<sub>см</sub>, м<sup>3</sup>/смену:

$$P_{см} = \frac{3600 \cdot E \cdot T_{см} \cdot K_э \cdot K_u \cdot K_з}{t_{ц}}$$

где E – вместимость ковша, м<sup>3</sup>; T<sub>см</sub> – продолжительность смены (T<sub>см</sub> = 8 ч); K<sub>э</sub> – коэффициент экскавации (табл. 1); K<sub>з</sub> – коэффициент влияния параметров забоя (табл. 6); K<sub>и</sub> – коэффициент использования экскаватора в течение смены (табл. 1); t<sub>ц</sub> – продолжительность цикла, с.

Таблица 6. Показатели к расчету сменной производительности экскаватора

Наименование объекта разработки	K <sub>э</sub>	K <sub>з</sub>	K <sub>и</sub>	Время цикла t <sub>ц</sub> , с
Вскрышная порода	0,65	0,85	0,65	34,0
Уголь	0,80	0,85	0,65	27,0

Сменная производительность мехлопаты при разработке вскрышной породы (П<sub>в.см</sub>), м<sup>3</sup>/смену:

$$P_{в.см} = \frac{3600 \cdot E \cdot T_{см} \cdot K_{э.в} \cdot K_u \cdot K_{з.в}}{t_{ц.в}}$$

Сменная производительность мехлопаты при разработке угля (П<sub>у.см</sub>), м<sup>3</sup>/смену:

$$P_{у.см} = \frac{3600 \cdot E \cdot T_{см} \cdot K_{э.у} \cdot K_u \cdot K_{з.у}}{t_{ц.у}}$$

Число машиносмен мехлопаты для выполнения годового объема вскрыши (N<sub>в.см</sub>), м.-смен,

$$N_{в.см} = \frac{V_{г.в}}{P_{в.см}}$$

Число машиносмен мехлопаты для выполнения годового объема угля (N<sub>у.см</sub>), м.-смен,

$$N_{у.см} = \frac{Q_г \cdot \gamma_у}{P_{у.см}}$$

### Экономические показатели.

Уравнение регрессии стоимости машиносмены мехлопат (C<sub>мс.м</sub>, руб/смену) получено на основе статистического обобщения фактических затрат по разрезам Кузбасса (2009 год):

$$C_{мс.м} = 6420,7 \cdot \ln E - 8007,3.$$

$$R^2 = 0,95.$$

При необходимости эти показатели пересчитываются путем использования поправочных и инфляционных коэффициентов.

<sup>1</sup>Сменная производительность гидролопат (прямой и обратной) рассчитывается по подобной методике и будет приведена в последующих статьях.



Эксплуатационные затраты на выемке и погрузке 1 м <sup>3</sup>	
Вскрышной породы	$C_{в}^{э.п} = \frac{C_{мс}}{П_{в.см}}, \text{руб/м}^3$
Угля	$C_{у}^{э.п} = \frac{C_{мс}}{П_{у.см}}, \text{руб/м}^3$
	на 1 т угля: $C_{у(т)}^{э.п} = \frac{C_{у}^{э.п}}{\gamma_{у}}, \text{руб/т}$

Всего годовые эксплуатационные затраты на выемку и погрузку вскрышной породы и угля (З<sub>в.п.</sub>), руб/год

$$З_{в.п.} = V_{г.в} \cdot C_{в}^{э.п} + Q_2 \cdot C_{у(т)}^{э.п}.$$

### Перевозка породы и угля.

Организована самостоятельными грузопотоками, у которых только одно общее – выемочно-погрузочное оборудование.

Поэтому расчет показателей по этим грузопотокам выполняется по отдельности.

В методическом плане здесь приводится блок однотипных расчетов по грузопотокам и отдельно блоки по породному грузопотоку и по угольному грузопотоку.

I. Блок расчетов породного грузопотока.

а) время рейса автосамосвала при перевозке породы, ч,

$$T_{р.п.} = \frac{1}{60} (t_{п.п} + t_{гр.п} + t_p + t_{пор.п} + t_m + t_{ож}),$$

где  $t_{п.п}$  – время погрузки автосамосвала породой, мин;  $t_{гр.п}$ ,  $t_{пор.п}$  – время движения автосамосвала в грузовом и порожнем направлениях соответственно, мин;  $t_p$  – время разгрузки автосамосвала на отвале, мин;  $t_m$  – время маневров при погрузке и разгрузке автосамосвала, мин;  $t_{ож}$  – время ожидания погрузки автосамосвала в забое, мин.

б) время погрузки автосамосвала породой ( $t_{п.п}$ ), ч,

$$t_{п.п} = \frac{V_{а.п} \cdot t_{ц.п}}{60 \cdot E \cdot K_{э.п}},$$

где  $V_{а.п}$  – объем породы, перевозимый автосамосвалом за рейс, принимаемый равным вместимости кузова «с шапкой», м<sup>3</sup>; параметры  $t_{ц.п}$  и  $K_{э.п}$  приведены в табл. 6.

в) время движения автосамосвала в грузовом направлении, мин,

$$t_{зр.п.} = 60 \cdot K_{р.п} \cdot \left( \frac{L_{зб}}{v_{зб.зр}} + \frac{L_{пов}}{v_{пов.зр}} + \frac{L_{отв}}{v_{отв.зр}} \right),$$

где  $K_{р.п}$  – коэффициент, учитывающий разгон и торможение автосамосвала ( $K_{р.п} = 1,1-1,15$ );  $L_{зб}$  – длина временной забойной дороги (принимается равной половине длины карьерного поля  $L_k$ , т.е.  $L_{зб} = 0,5L_k$ ), км;  $L_{пов}$  – длина стационарных (щебеночных) дорог на поверхности от карьера до отвала (в расчетах принимать от 1 до 5 км; это один из факторов, влияние которых на слоевую разработку еще следует оценить, а в расчетах надо учесть, что при увеличении дальности перевозки на поверхности возрастает и скорость движения (табл. 3.3), поэтому в вариантах с увеличением дальности перевозки надо синхронно увеличивать скорость, придерживаясь табл. 3.3), км;  $L_{отв}$  – длина временных дорог на отвале (в расчетах принимать  $L_{отв} = 0,5$  км);  $v_{зб.зр}$ ,  $v_{пов.зр}$ ,  $v_{отв.зр}$  – скорости движения груженого автосамосвала на забойных, стационарных и отвальных дорогах соответственно (табл. 8), км/ч.

Таблица 7. Скорости движения автосамосвала

Дороги	Скорости движения автосамосвала, км/ч	
	с грузом	без груза
Стационарные щебеночные	30-32	36-42
Отвальные	14-17	16-19
Забойные	11-13	14-15



Таблица 8. Средние скорости движения автосамосвалов

Расстояние транспортирования, км	Средняя скорость движения, км/ч	Время движения на рейс, мин	Расстояние транспортирования, км	Средняя скорость движения, км/ч	Время движения на рейс, мин
0,1-0,2	8,2	2,2	1,61-1,8	19,5	10,5
0,21-0,3	9,9	3,03	1,81-2,0	20,3	11,2
0,31-0,4	11,1	3,78	2,01-2,3	21,2	12,2
0,41-0,5	12,2	4,43	2,31-2,6	22,2	13,2
0,51-0,6	13,1	5,04	2,61-2,9	23,2	14,2
0,61-0,7	13,9	5,61	2,91-3,2	24,0	15,2
0,71-0,8	14,6	6,16	3,21-3,5	24,8	16,2
0,81-0,9	15,3	6,67	3,51-3,8	25,6	17,1
0,91-1,0	15,9	7,17	3,81-4,2	26,4	18,2
1,01-1,2	16,7	7,80	4,21-4,6	26,4	20,0
1,21-1,4	17,7	8,81	4,61-5,0	26,4	21,8
1,41-1,6	18,7	9,63			

г) время движения автосамосвала в порожнем направлении, мин,

$$t_{пор.п} = 60 \cdot K_{p.n} \cdot \left( \frac{L_{зб}}{v_{зб.пор}} + \frac{L_{пов}}{v_{пов.пор}} + \frac{L_{отв}}{v_{отв.пор}} \right),$$

где  $K_{p.n}$  – коэффициент, учитывающий разгон и торможение автосамосвала ( $K_{p.n} = 1,1-1,15$ );  $L_{зб}$  – длина временной забойной дороги (принимается равной половине длины карьерного поля  $L_k$ , т.е.  $L_{зб} = 0,5L_k$ ), км;  $L_{пов}$  – длина стационарных (щебеночных) дорог на поверхности от карьера до отвала (в расчетах принимать от 1 до 5 км; это один из факторов, влияние которых на слоевую разработку еще следует оценить), км;  $L_{отв}$  – длина временных дорог на отвале (в расчетах принимать  $L_{отв} = 0,5$  км);  $v_{зб.гр}$ ,  $v_{пов.гр}$ ,  $v_{отв.гр}$  – скорости движения порожнего автосамосвала на забойных, стационарных и отвальных дорогах соответственно (табл. 7), км/ч.

д)  $t_p$  – время разгрузки автосамосвала (при грузоподъемности до 40 т время составляет 1 мин; свыше 40 т – 1,3-1,5 мин);  $t_m$  – продолжительность маневров при погрузке и разгрузке автосамосвала ( $t_m = 1,79-1,83$  мин);  $t_{ож}$  – время ожидания погрузки автосамосвала, мин ( $t_{ож} = 1-2$  мин), см. табл. 9.

Таблица 9. Время установки автосамосвалов для разгрузки, разгрузки и ожидания погрузки у автосамосвала, мин

Показатели	БелАЗ-7525	БелАЗ-549	БелАЗ-7512
Время установки для разгрузки	0,5	0,6	0,8
Время разгрузки	0,8	1,0	1,2
Время ожидания погрузки	1,6	2,0	2,0

е) число рейсов автосамосвала в час  $N_p$ :

$$N_p = \frac{1}{T_{p.n}}$$

Производительность автосамосвала:

– техническая, м<sup>3</sup>/ч:



$$Q_{a.ч} = \frac{q_a \cdot N_p \cdot K_z \cdot K_{pa}}{\rho_n},$$

– эксплуатационная:  
сменная, м<sup>3</sup>/смену:

$$Q_{a.см} = Q_{a.ч} \cdot T_{см} \cdot K_{и.а},$$

годовая, м<sup>3</sup>/год,

$$Q_{a.год} = Q_{a.см} \cdot N_{см},$$

где  $K_r$  – коэффициент использования грузоподъемности автосамосвала ( $K_r = 0,9$ );  $K_{pa}$  – коэффициент разрыхления породы в кузове автосамосвала ( $K_{p.a} = 1,1$ );  $\rho_n$  – плотность перевозимой породы в целике, т/м<sup>3</sup> ( $\rho_n = 2,5$  т/м<sup>3</sup>);  $T_{см}$  – продолжительность смены ( $T_{см} = 8$ ), ч;  $N_{см}$  – число рабочих смен в году;  $K_{и.а}$  – коэффициент использования автосамосвала в течение смены ( $K_{и.а} = 0,7-0,8$ ).

ж) затраты на перевозку вскрышной породы

Уравнение регрессии стоимости машиносмены автосамосвала ( $C_{м.а}$ , руб/смену) получено на основе статистического обобщения фактических затрат по разрезам Кузбасса (2009 г.).

$$C_{м.а} = T_{см} \cdot 21,39 \cdot (q_a)^{0,932},$$

где  $q_a$  – грузоподъемность автосамосвала, т.

При необходимости эти показатели пересчитываются путем использования поправочных и инфляционных коэффициентов.

Эксплуатационные удельные затраты на автотранспортирование 1 м<sup>3</sup> вскрышной породы, руб/м<sup>3</sup>:

$$C_{1м^3} = \frac{C_{м.а}}{Q_{a.см}}$$

Всего затрат на перевозку вскрышной породы ( $Z_n$ ), руб

$$Z_n = C_{1м^3} \cdot V_{з.в} = C_{1м^3} \cdot l_{з.п} \cdot (S_n + K_{ном} \cdot S_y).$$

На рис. 5 приведена графическая интерпретация таблицы 8 с линиями тренда и полученными расчетными формулами.

Скорость  $v$ , км/ч;  
время  $t$ , мин

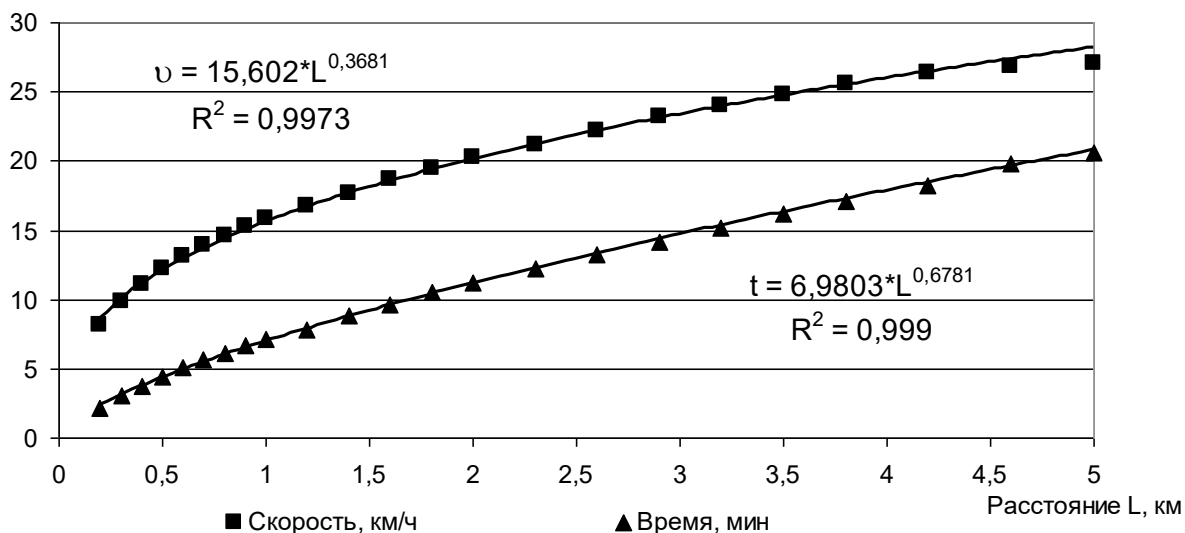


Рис. 5. Зависимости средней скорости движения и времени рейса от расстояния транспортирования (плеча откатки). График построен по усредненным значениям без точного учета параметров транспортируемой породы, типа внутрикарьерных и внешних автодорог и носит видовой характер, однако же достаточно точно отражает истинное положение дел.

Анализ рис. 5 показывает явное наличие степенных зависимостей средних скоростей движения автосамосвала и времени рейса от расстояния перевозки (плеча откатки). Используя



полученные зависимости, можно проектировать следующие технологические мероприятия:

1) Установление оптимальной дальности перевозки с учетом требуемого времени рейса, исходя, например, из числа вышедших на линию транспортных средств и обеспечения ритмичности их подачи под погрузку для минимизации простоев экскаватора. Для этого, например, можно использовать временные отвалы в свободных емкостях выработанного пространства карьерного поля;

2) Задаваясь известным расстоянием транспортирования, можно определить требуемое число автосамосвалов для работы того или иного экскаватора с учетом условий работы в конкретном забое и т.д.

## Выводы

1. Анализ организации работы выемочно-погрузочного оборудования по Кузбассу показал, что в основном применяется послойная отработка уступов, которая ведет как к увеличению потерь угля при зачистке каждого слоя, так и к усложнению организации работ, в том числе карьерного автотранспорта.

2. При отработке сложным забоем минимальная ширина рабочей площадки определяется по условию тупикового разворота автосамосвала, при простом забое ширина рабочей площадки определяется по условию тупикового разворота автосамосвала в разрезной траншее и горизонтальной мощности пласта.

3. Проведенный анализ показал необходимость обновления автопарка, приобретения автосамосвалов импортного производства, обладающих меньшими габаритами по сравнению с БелАЗами, автосамосвалов меньшей грузоподъемности. Обновление автопарка положительно повлияет на параметры забоя и повысит эффективность выемочно-погрузочных и транспортных работ.

4. Значительная часть рабочего времени теряется на простоях при обмене автосамосвалов. Эту величину можно сократить, если, например, применять схему двухстороннего подъезда автосамосвалов на погрузку. Есть и другие варианты, например, использование попеременной погрузки автосамосвалов при работе верхним и нижним черпанием. Эта технология имеет свои плюсы и минусы, к первым из которых относится увеличение коэффициента использования экскаватора в течение смены и, как следствие, его производительность, к минусам – повышенный износ металлоконструкций экскаватора из-за необходимости полного использования рабочих параметров и на всю глубину, и на всю высоту черпания/разгрузки, а также усложнение организации подачи автотранспорта. Данные противоречия еще предстоит разрешить в дальнейшей работе.

5. Используя полученные зависимости изменения скорости движения и времени рейса от дальности транспортирования, можно проектировать установление оптимальной дальности перевозки с учетом требуемого времени рейса, определить требуемое число автосамосвалов для работы того или иного экскаватора с учетом условий работы в отдельно взятом забое и т.д.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-11-2019-034 с ПАО «КАМАЗ» и договора № 40-2019 на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ от 17.09.2019 г. между ПАО «КАМАЗ» и Кузбасским государственным техническим университетом имени Т. Ф. Горбачева (КузГТУ).

## Список источников

1. Колесников, В.Ф. Технические решения по вскрытию рабочих горизонтов разрезов Кузбасса / В.Ф. Колесников, В.И. Кузнецов, А.С. Ташкинов // Кемерово: Кузбассвуиздат, 1998. – 172 с.

2. Кузнецов, В.И. Управление горными работами на разрезах Кузбасса. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 1997. – 164 с.





3. Колесников, В.Ф. Технология ведения выемочных работ с применением гидравлических экскаваторов / В.Ф. Колесников, А.И. Корякин, А.В. Стрельников. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2009. – 143 с.
4. Репин, Н.Я. Выемочно-погрузочные работы / Н.Я. Репин, Л.Н. Репин – М.: Горная книга, 2010. – 267 с.
5. Стрельников, А.В. Обоснование структур слоевых технологических схем разработки угленасыщенных зон разрезов Кузбасса обратными гидравлическими лопатами: дисс. ... канд. техн. наук / А.В. Стрельников. – Кемерово, 2012. – 152 с.
6. «Указания по нормированию, планированию и экономической оценке потерь угля в недрах по Кузнецкому бассейну. (Открытые работы)», Л. 1991 г.
7. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Производственные процессы. – М., Недра, 1985. – Ч.1. – 509 с.
8. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. – М., Недра, 1985. – Ч.2. – 549 с.
9. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. – М.: Недра, 1982. – 405 с.
10. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. – Челябинск, НИИОГР, 1991. – 328 с.
11. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Угли и горючие сланцы. Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007. № 37-р. – Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: 2007. – 34 с.
12. Указания по нормированию, планированию и экономической оценке потерь угля в недрах по Кузнецкому бассейну: Открытые работы: Утв. концерном «Кузбассразрезуголь» 18.12.90. – Л.: ВНИМИ, 1991. – 25 с.
13. Репин Н.Я., Репин Л.Н. Выемочно-погрузочные работы: Учеб. пособие. – 2-е изд., стер. – М.: Изд-во «Горная книга», 2012. – 267 с.
14. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. Технологические процессы открытых горных работ. – М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2008. – 448 с.
15. Litvin O., Tyuleneva E., Kolesnikov V., Dobrov A. Coal-bearing zone transformation into a coalless one at the open pit // E3S Web of Conf., 2018. – Vol. 41. – 01020. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101020
16. Литвин, О.И. Обоснование рациональных технологических параметров производства вскрышных работ обратными гидравлическими лопатами на разрезах Кузбасса: дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2012. – 119с.
17. Самолазов, А.В. Основные тенденции развития экскаваторно-автомобильных комплексов / А.В. Самолазов, Н.И. Паладеева, А.А. Беликов // Горная Промышленность. – 2009. – №4. – С. 20-23.
18. Кантович Л.И., Литвин О.И., Хорешок А.А., Тюленева Е.А. Опыт и перспективы применения гидравлических экскаваторов при отработке угленасыщенных зон на разрезах Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 4. – С. 152–160.
19. Цепилов, И. И. Исследование технологии отработки свиты крутопадающих пластов с учетом потерь угля (На примере разрезов центрального Кузбасса) : Автореф. дис... канд. техн. наук. / Кемерово. – 1973. – 25 с.
20. Ташкинов, А.С. Сравнительная оценка производительности карьерных экскаваторов при разработке взорванных пород / А.С. Ташкинов, А.А. Сысоев, И.А. Ташкинов / Вестник КузГТУ. – 2009. – №4. – С. 17-21.
21. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 декабря 2013 года № 599 (с изменениями на 21 ноября 2018 года).
22. Справочник. Открытые горные работы / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов и др. – М., Горное дело, 1994. – 590 с.

## References

1. Kolesnikov, V.F. Tekhnicheskie resheniya po vskrytiyu rabochikh gorizontov razrezov Kuzbassa / V.F. Kolesnikov, V.I. Kuznetsov, A.S. Tashkinov // Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 1998. – 172 s.
2. Kuznetsov, V.I. Upravlenie gornymi robotami na razrezakh Kuzbassa. – Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 1997. – 164 s.



3. Kolesnikov, V.F. Tekhnologiya vedeniya vyemochnykh работ s primeneniem gidravlicheskiх экскаваторов / V.F. Kolesnikov, A.I. Koryakin, A.V. Strel'nikov. – Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2009. – 143 s.
4. Repin, N.Ya. Vyemochno-pogruzochnye работы / N.Ya. Repin, L.N. Repin – M.: Gornaya kniga, 2010. – 267 s.
5. Strel'nikov, A.V. Obosnovanie struktur sloevykh tekhnologicheskikh skhem razrabotki uglenasyshchennykh zon razrezov Kuzbassa obratnymi gidravlicheskimі lopatami: diss. ... kand. tekhn. nauk / A.V. Strel'nikov. – Kemerovo, 2012. – 152 s.
6. «Ukazaniya po normirovaniyu, planirovaniyu i ekonomicheskoy otsenke poter' uglya v nedrakh po Kuznetskomu basseynu. (Otkrytye работы)», L. 1991 g.
7. Rzhvskiy V.V. Otkrytye gornye работы. Proizvodstvennye protsessy. – M., Nedra, 1985. – Ch.1. – 509 s.
8. Rzhvskiy V.V. Otkrytye gornye работы. Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizatsiya. – M., Nedra, 1985. – Ch.2. – 549 s.
9. Tipovye tekhnologicheskie skhemy vedeniya gornyx работ na ugol'nykh razrezakh. – M.: Nedra, 1982. – 405 s.
10. Tipovye tekhnologicheskie skhemy vedeniya gornyx работ na ugol'nykh razrezakh. – Chelyabinsk, NII OGR, 1991. – 328 s.
11. Metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu Klassifikatsii zapasov mestorozhdeniy i prognoznnykh resursov tverdykh poleznykh iskopaemykh. Ugli i goryuchie slantsy. Utverzhdeny rasporyazheniem MPR Rossii ot 05.06.2007. № 37-r. – Ministerstvo prirodnnykh resursov Rossiyskoy Federatsii. – M.: 2007. – 34 s.
12. Ukazaniya po normirovaniyu, planirovaniyu i ekonomicheskoy otsenke poter' uglya v nedrakh po Kuznetskomu basseynu: Otkrytye работы: Utv. kontsernom «Kuzbassrazrezugol'» 18.12.90. – L.: VNIMI, 1991. – 25 s.
13. Repin N.Ya., Repin L.N. Vyemochno-pogruzochnye работы: Ucheb. posobie. – 2-e izd., ster. – M.: Izd-vo «Gornaya kniga», 2012. – 267 s.
14. Anistratov Yu.I., Anistratov K.Yu. Tekhnologicheskie protsessy otkrytykh gornyx работ. – M.: OOO «NTTs «Gornoe delo», 2008. – 448 s.
15. Litvin O., Tyuleneva E., Kolesnikov V., Dobrov A. Coal-bearing zone transformation into a coalless one at the open pit // E3S Web of Conf., 2018. – Vol. 41. – 01020. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101020
16. Litvin, O.I. Obosnovanie ratsional'nykh tekhnologicheskikh parametrov proizvodstva vskryshnykh работ obratnymi gidravlicheskimі lopatami na razrezakh Kuzbassa: dis. ... kand. tekhn. nauk. – Kemerovo, 2012. – 119s.
17. Samolazov, A.V. Osnovnye tendentsii razvitiya ekskavatorno-avtomobil'nykh kompleksov / A.V. Samolazov, N.I. Paladeeva, A.A. Belikov // Gornaya Promyshlennost'. – 2009. – №4. – S. 20-23.
18. Kantovich L.I., Litvin O.I., Khoreshok A.A., Tyuleneva E.A. Opyt i perspektivy primeneniya gidravlicheskiх экскаваторов pri otrabotke uglenasyshchennykh zon na razrezakh Kuzbassa // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2019. – No 4. – S. 152–160.
19. Tsepilov, I. I. Issledovanie tekhnologii otrabotki svity krutopadayushchikh plastov s uchedom poter' uglya (Na primere razrezov tsentral'nogo Kuzbassa) : Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk. / Kemerovo. – 1973. – 25 s.
20. Tashkinov, A.S. Sravnitel'naya otsenka proizvoditel'nosti kar'ernykh экскаваторов pri razrabotke vzorvannykh porod / A.S. Tashkinov, A.A. Sysoev, I.A. Tashkinov / Vestnik KuzGTU. – 2009. – №4. – S. 17-21.
21. Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Pravila bezopasnosti pri vedenii gornyx работ i pererabotke tverdykh poleznykh iskopaemykh». Utverzhdeny prikazom Federal'noy sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 11 dekabrya 2013 goda № 599 (s izmeneniyami na 21 noyabrya 2018 goda).
22. Spravochnik. Otkrytye gornye работы / K.N. Trubeckoj, M.G. Potapov i dr. – M., Gornoe delo, 1994. – 590 s.

#### Авторы

**Дубинкин Дмитрий Михайлович,**  
канд. техн. наук, доцент  
e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

**Садовец Владимир Юрьевич,**  
канд. техн. наук, доцент  
e-mail: vsadovec@yandex.ru

#### Authors

**Dmitry M. Dubinkin**  
PhD, associate professor  
e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

**Vladimir Yu. Sadovets**  
PhD, associate professor  
e-mail: vsadovec@yandex.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University



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

**Котиев Георгий Олегович,**  
докт. техн. наук, профессор  
e-mail: kotiev@bmsu.ru

**Карташов Александр Борисович,**  
канд. техн. наук, доцент  
e-mail: kartashov@bmsu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана  
105005, Москва, Российская Федерация, 2-я  
Бауманская ул., д. 5, стр. 1

Russian Federation, Kemerovo,  
28 Vesennyaya street, 650000

**George O. Kotiev**  
Dr.Sc. (Tech.), Professor  
e-mail: kotiev@bmsu.ru

**Alexander B. Kartashov,**  
PhD, associate professor  
e-mail: kartashov@bmsu.ru

Bauman Moscow State Technical University  
Russian Federation, Moscow  
2<sup>nd</sup> Baumanskaya st., 5/1, 105005

#### **Библиографическое описание статьи**

Дубинкин Д.М., Садовец В.Ю., Котиев Г.О.,  
Карташов А.Б. Исследование процесса  
транспортирования вскрышных пород и угля на  
разрезах // Техника и технология горного дела. –  
2019. – № 4 (7). – С. 50-66.

#### **Cite this article**

Dubinkin D.M., Sadovets V.Yu., Kotiev G.O.,  
Kartashov A.V. (2019) Overburden and coal  
transportation research at open pit mines, *Journal of  
mining and geotechnical engineering*, 4(7):50.