

ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ПОЛУСКАЛЬНЫХ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО КУЗБАССА

А. В. Матвеев,

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия

Аннотация: Представлен способ технологии разработки пород экскаваторно-автомобильными комплексами с применением мехлопат в условиях угольных разрезов центрального Кузбасса. Приведены результаты исследований параметров предложенной технологии разработки. Определена зависимость изменения удельных затрат по основным процессам при разработке вскрышных пород III и IV категории механическими лопатами с вместимостью ковша экскаватора от 6,3 до 55,8 м³ от средневзвешенного размера куска взорванной породы. Представленный способ позволяет оптимизировать параметры экскаваторно-автомобильных комплексов с применением мехлопат за счет установления рационального значения величины средневзвешенного размера куска взорванной породы, который соответствует минимальной величине суммарных издержек и определяет соответствующие параметры всех процессов технологии разработки пород для всех типов современных экскаваторов при их применении в различных горнотехнических условиях карьеров. Результаты исследований могут быть полезными техническим службам карьеров и проектировщикам на стадии принятия решения для определения типа и количества горнотранспортного и вспомогательного оборудования для условий конкретного участка разреза.

Ключевые слова: центральный Кузбасс, угольные разрезы, вскрышные породы, буровзрывные работы, мехлопата, кусковатость пород, производительность, удельные затраты, рациональные параметры технологии.

Для цитирования: Матвеев А. В. Параметры технологии разработки полускальных вскрышных пород экскаваторно-автомобильными комплексами в условиях угольных разрезов центрального Кузбасса // Маркшейдерия и недропользование. 2024. №3. С. 16-22. DOI: 10.56195/20793332_2024_3_16_22.

PARAMETERS OF THE TECHNOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF SEMI-HORIZONTAL OVERBURDEN ROCKS BY EXCAVATOR- AUTOMOBILE COMPLEXES IN THE CONDITIONS OF COAL MINES OF CENTRAL KUZBASS

A. V. Matveev,

Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Abstract: The article presents the results of studies of the parameters of the technology of rock mining by excavator-automobile complexes using mechanical shovels in the conditions of coal quarries of central Kuzbass. The dependence of the change in unit costs for the main processes during the development of overburden rocks of category III and IV with mechanical shovels with an excavator bucket capacity from 6.3 to 55.8 m³ on the weighted average size of pieces of blasted rock is determined. The presented method makes it possible to optimize the parameters of excavator-automobile complexes using mechanical shovels, by establishing a rational value of the weighted average size of a piece of blasted rock, which corresponds to the minimum value of total costs and determines the corresponding parameters of all processes of the rock development technology for all types of modern excavators when used in various mining conditions of quarries. The results of the research can be useful to the technical services of quarries and designers at the decision-making stage to determine the type and quantity of mining transport and auxiliary equipment for the conditions of a particular section of the section in accordance with the established requirements for ensuring the planned volume of work.

Keywords: central Kuzbass, coal pits, overburden, drilling and blasting, mechanical shovels, lumpiness of rocks, productivity, unit costs, rational parameters of technology.

For citation: Matveev A. V. Parameters of the technology for the development of semi-horizontal overburden rocks by excavator-automobile complexes in the conditions of coal mines of central Kuzbass. Surveying and subsoil use. 2024;(3):16-22. (In Russ.). DOI: 10.56195/20793332_2024_3_16_22.

При разработке рекомендаций по использованию экскаваторно-автомобильных комплексов с применением мехлопат (ЭАКМЛ) на карьерах одним из главных факторов является зависимость изменения производительности экскаватора от кусковатости взорванных пород, которая определяет эффективность производства горных работ [1-3].

Кусковатость взорванных пород принято характеризовать величиной средневзвешенного размера кусков взорванных пород, который одновременно определяет производительность мехлопат и издержки по каждому процессу и технологии в целом [4].

В настоящее время для расчета производительности мехлопат предлагается ряд методик [5-9]. Сравнение результатов расчета по ним показало, что каждая из методик имеет свою область применения, при этом значения производительности мехлопаты, рассчитанные для конкретных условий по рекомендуемым формулам, иногда отличаются более чем в два раза [4].

В работе [10] предложена универсальная методика расчета производительности экскаваторов-мехлопат с вместимостью ковша экскаватора от 6,3 до 55,8 м³, которая показала более точные результаты.

Следующим этапом необходимо определить оптимальные параметры технологии разработки полускальных вскрышных пород экскаваторно-автомобильными комплексами в условиях угольных разрезов центрального Кузбасса с учетом экономических затрат. При этом особое внимание следует уделять повышению эффективности функционирования предприятия [11].

На горнодобывающих предприятиях существует множество подходов и разнообразие методик к способам учета затрат, а их применение обуславливается особенностями производственного процесса [12]. Учет затрат по каждому элементу обеспечивает исчисление фактической себестоимости работы, а также отнесения их по каждому отдельному процессу в технологической цепочке. При применении ЭАКМЛ прежде всего должны учитываться затраты на буровзрывные работы (БВР), величина которых является наибольшей по сравнению с другими издержками по процессам.

Важность экономических показателей в работе горнодобывающих предприятий и использование информационных технологий для их оценки не вызывает вопросов [13], при этом методический подход к экономической оценке и анализ организации производственного процесса горнодобывающего предприятия представлен в работах [14-16].

Учет производственных затрат — калькулирование, т.е. исчисление величины затрат, приходящихся на единицу продукции, является важнейшим рычагом в системе управления, который оказывает прямое влияние на непрерывное повышение технического уровня производства и его эффективность.

Для целей управления в производственном учете организуется группировка расходов по следующим четырем укрупненным экономическим элементам: материальным затратам, затратам на оплату труда, отчислениям на социальные нужды, амортизации.

Общепринятая классификация методов учета затрат в отечественной практике пока не выработана, на сегодняшний день существующие методы можно сгруппировать по трем основным признакам:

- 1) объектам учета затрат (отношение затрат к технологическому процессу производства);
- 2) полноте учета затрат (включение затрат в себестоимость продукции);
- 3) оперативности учета и контроля затрат.

Исчисление себестоимости работы комплекса оборудования ΣC_{yd} является завершающей стадией процесса калькулирования по таким элементам, как: производство буровзрывных работ, экскавация, транспортирование и отвалообразование, и важность себестоимости, как информации, необходимой для оценки эффективности эксплуатации месторождений [17].

Реализация методики оптимизации затрат технологического комплекса при разработке механическими лопатами вскрышных пород карьеров с применением автотранспорта осуществляется в следующем порядке.

При производстве работ по таким процессам, как бурение, экскавация и транспортирование горной массы, можно применять стоимость либо единицы продукции (погонный метр пробуренной скважины, кубический метр (тонна) погруженной и перевезенной горной массы на определенное расстояние), либо машино-часы работы на линии горнотранспортного и вспомогательного оборудования, которые уже включают материальные затраты, амортизацию, заработную плату и прочее.

В связи с этим необходимо различать отдельные составляющие в общей себестоимости технологической цепи производственного процесса, которые можно поделить на условно постоянные и условно переменные.

Методы и материал исследований

В статье использован комплекс методов: анализ результатов, выполненных ранее теоретических и экспериментальных работ; опыт применения ЭАКМЛ на карьерах; технико-экономический анализ с использованием стоимостных параметров.

При производстве взрывных работ к условно постоянным составляющим затратам относятся стоимость средств инициирования, работы по заряданию скважин, охрана при доставке взрывчатых материалов и заряжаемого блока, являющиеся минимальной частью в общем объеме. Затраты же на взрывчатые вещества будут сильно изменяться в широких диапазонах, а именно от их вида и требуемого количества для производства работ, на что, соответственно, влияют диаметр и наполнение скважин, сетка, обводненность блока и др.

Для простоты расчета суммы удельных затрат на подготовку одного кубического метра взорванной горной массы при известных общем объеме бурения и взорванной горной массы наиболее просто и, следовательно, оптимально учитывать укрупненно стоимость работы бурового оборудования из расчета стоимости пробуренных скважин на блоке и условно переменного объема заряжаемого взрывчатого вещества.

Так как в зависимости от полученного результата крупности дробления (средневзвешенного диаметра куса раздробленной породы) взорванной горной массы по взрываемому блоку и полноты наполнения объема ковша мехлопаты будет различаться часовая эксплуатационная производительность комплекта оборудования экскаватор – автосамосвал, тогда за основание расчета принимаем стоимость машино-часа работы задействованного оборудования.

Следовательно, производительность и сумма удельных затрат работы комплекта оборудования экскаватор – автосамосвал будет изменяться в зависимости от получаемой по результатам проведения взрывных работ крупности средневзвешенного размера кусков породы и различного сочетания вместимости ковша и кузова транспортного сосуда. То есть чем крупнее фракция раздробленной взрывом породы, тем ниже будет время цикла экскаватора и скорость загрузки, потребуется меньшее количество транспорта для исключения простоев под погрузкой и затрат на дизельное топливо либо электроэнергию. В противоположном случае, при переизмельчении породы, потребуется большее число машин для обеспечения максимальной производительности, которая будет ограничена только техническими характеристиками мехлопаты и организацией погрузки транспорта с учетом проведения необходимых вспомогательных работ по забою, в том числе уборки просыпей бульдозером и перемещения экскаватора по рабочей площадке.

При расчете количества выполняемых рейсов автотранспортом в зависимости от достижимости различной часовой производительности экскаватора принимается оптимальное сочетание по вместимости кузова и выполняемого количества рейсов за единицу времени.

Для расчетов обычно принимается стоимость работы одного машино-часа работы экскаватора, автосамосвала и бульдозера, в которых уже заблаговременно заложены затраты на топливо, амортизацию и др. Далее, стоимость часа работы оборудования делим на получаемую расчетную производительность экскаватора и получаем стоимость одного кубометра горной массы в зависимости от каждого конкретного размера средневзвешенного куска, затем учитываем потребное количество бульдозерной техники, занятой на планировке подъезда и приемки горной массы на автоотвале.

В соответствии с ВНТП-92 [18], для расчета затрат требуется 0,5 бульдозера при использовании экскаваторов с вместимостью ковша до 8 м³, 1 бульдозер – свыше 8 м³ с целью уборки просыпей в забое экскаватора и 1 бульдозер для приемки и складирования горной массы на автоотвале.

Таким образом, сумма удельных эксплуатационных затрат по процессам $\Sigma C_{\text{зд}}$ будет формироваться из следующих составляющих:

- 1) суммы удельных затрат на подготовку ВГМ (бурение и взрывание) с учетом средневзвешенного размера куска взорванной горной массы;
- 2) производительности и типа экскаватора – мехлопаты;
- 3) диапазона изменения удельных затрат на экскавацию в зависимости от его производительности и стоимости машино-часа работы различных типоразмеров комплекса горнотранспортного оборудования: экскаватор – автосамосвал – бульдозер в забое;
- 4) затрат на транспортирование горной массы;
- 5) стоимости машино-часа работы бульдозера на отвале.

Для исключения раскрытия коммерческой тайны предприятий далее расчеты будут приведены в условных рублевых единицах на условный объем производства работ.

На основании сбора и анализа технико-экономических показателей работы технологического оборудования, осуществляющего разработку взорванных вскрышных пород в условиях предприятий центрального Кузбасса, были по-

лучены значения затрат на обеспечение работы экскаваторов, бульдозерной техники в забое, бульдозера для отвальных работ и автотранспорта, которые складываются из материальных затрат, фонда оплаты труда, страховых выплат, ФСС от несчастных случаев, выплат компенсационного характера, амортизации ОПФ, аренды ОПФ и прочих расходов.

Установленные значения стоимости 1 машино-часа для экскаватора, бульдозера в забое, бульдозера для отвальных работ и автосамосвалов позволят определить величину удельных затрат как по процессам, так и в целом по оптимизируемой технологии.

На основании сбора и анализа статистики технико-экономических показателей работы всего бурового оборудования на предприятии за год, которые складываются из материальных затрат, фонда оплаты труда, страховых выплат, ФСС от несчастных случаев, выплат компенсационного характера, амортизации ОПФ [19], аренды ОПФ и прочих расходов, были получены затраты на обеспечение работы бурового станка.

Для горнотехнических условий разрезов выбор основных вариантов применения экскаваторов определяется такими характерными горнотехническими условиями, как:

- ✦ категория разрабатываемых пород: III (средне взрываемые породы) и IV (трудно взрываемые породы);
- ✦ степень обводненности массива, которая определяет тип ВВ и схему заряда в скважине: для сухих скважин (100 % «Гранулит»), для обводнённых скважин (100 % «Эмульсолит») и по среднегодовому потреблению ВВ.

Результаты исследований

Для вышеприведённых характерных горнотехнических условий с применением программного комплекса Blast Maker был произведён расчёт параметров БВР при различных параметрах качества дробления горной массы и подсчитаны удельные затраты по этому процессу на 1 м³ разрабатываемых вскрышных пород. При этом в программе расчёта не учтены затраты на зарядание скважин, монтирование сети, забойку скважин, доставку, хранение и охрану ВВ и ВМ.

Величина стоимости взрывчатых материалов позволит определить среднегодовую долю потребления различных типов ВВ (в зависимости от обводнённой взрываемых пород) и стоимостную долю средств инициирования и коммутации взрыва.

Стоимость средств инициирования для коммутации в расчётах может быть принята 1 % от стоимости ВВ, а среднегодовой расход ВВ складывается из расхода «Эмульсолита» – 80 %, «Гранулита» – 20 %.

В результате получено изменение удельных затрат на БВР от величины средневзвешенного размера кусков взорванных пород для двух категорий разрабатываемых пород (трудно взрываемые породы и средне взрываемые породы), которая определяет тип ВВ и схему заряда в скважине, что позволяет на основании разработанного методического подхода произвести расчеты эксплуатационных затрат по процессам для основных типов мехлопат, работающих на разрезах центрального Кузбасса.

Удельные эксплуатационные затраты по процессам разработки пород ЭАКМЛ при применении ЭКГ-15 приведены на рис. 1.

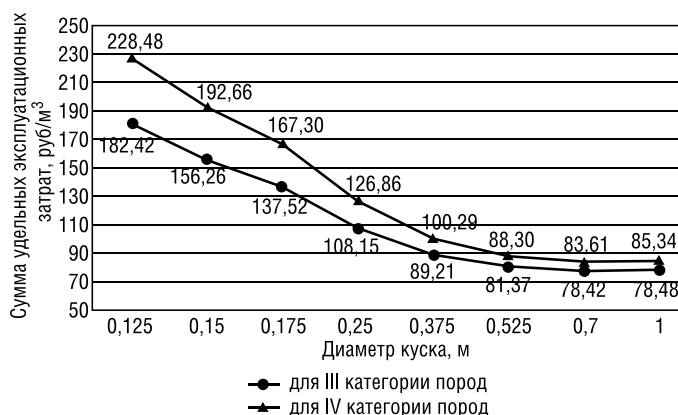


Рис. 1. Удельные эксплуатационные затраты по процессам разработки пород ЭАКМЛ при применении ЭКГ-15 /

Fig. 1. Specific operating costs for the processes of development of EACML rocks when using ECG-15

В табл. 1 указаны удельные эксплуатационные затраты по процессам разработки пород ЭАКМЛ при применении ЭКГ-15 для III и IV категорий пород.

Анализ графических зависимостей изменения суммарных удельных эксплуатационных затрат по процессам разработки пород ЭАКМЛ III и IV категории при применении современных типов мехлопат показал, что в принятом диапазоне изменения кусковатости взорванных пород зона минимальных значений для всех принятых типов мехлопат характеризуется определенным значением величины средневзвешенного размера кусков d_{cp} . При этом для каждого значения d_{cp} определены затраты по основным процессам.

Полученные графические зависимости суммарных удельных затрат по основным процессам разработки полускальных вскрышных пород экскаваторно-автомобильными комплексами с применением мехлопат (ЭАКМЛ) в условиях разрезов центрального Кузбасса, а также графики изменения производительности современных мехлопат от величины средневзвешенного размера кусков взорванных пород d_{cp} [4] позволяют установить для каждого из применяемых современных экскаваторов значения минимальных издержек и соответствующей сменной производительности, которые представлены в табл. 2.

Таблица 1 / Table 1

Удельные эксплуатационные затраты по процессам разработки пород ЭАКМЛ при применении ЭКГ-15 для III и IV категорий пород, руб/м³ / Specific operating costs for the development processes of EACML rocks when using ECG-15 for the III and IV categories of rocks

Процесс / Process	Диаметр куска, м / The diameter of the piece, m							
	0,125	0,15	0,175	0,25	0,375	0,525	0,7	1
III группа пород								
Уд. затраты на подготовку горных пород к выемке	139,55	112,32	92,65	60,94	38,87	27,73	21,00	13,98
Уд. затраты на выемочно-погрузочные работы	17,84	18,29	18,68	19,65	20,95	22,32	23,90	26,84
Уд. затраты на транспортирование	16,24	16,64	17,00	17,89	19,07	20,32	21,75	24,43
Уд. затраты на отвалообразование	8,79	9,01	9,20	9,68	10,32	11,00	11,77	13,22
Сумма уд. эксплуатационных затрат, $\Sigma C_{уд}$	182,42	156,26	137,52	108,15	89,21	81,37	78,42	78,48
IV группа пород								
Уд. затраты на подготовку горных пород к выемке	185,6	148,72	122,43	79,65	49,95	34,67	26,19	20,84
Уд. затраты на выемочно-погрузочные работы	17,84	18,29	18,68	19,65	20,95	22,32	23,90	26,84
Уд. затраты на транспортирование	16,24	16,64	17,00	17,89	19,07	20,32	21,75	24,43
Уд. затраты на отвалообразование	8,79	9,01	9,20	9,68	10,32	11,00	11,77	13,22
Сумма уд. эксплуатационных затрат, $\Sigma C_{уд}$	228,48	192,66	167,30	126,86	100,29	88,30	83,61	85,34

Таблица 2 / Table 2

Значения минимальных издержек и сменной производительности мехлопат при разработке вскрышных пород ЭАКМЛ / The values of minimum costs and replaceable productivity of the mehlopat in the development of overburden rocks of the EAKML

Гр. пород / Group of breeds	Параметр / Parameter	Экскаваторы-мехлопаты / Excavators mechanical shovels									
		ЭКГ-6,3	ЭКГ-8	ЭКГ-10	ЭКГ-12	ЭКГ-15	ЭКГ-18	ЭКГ-25	РН-2800ХРС (33 м³)	WK-45 (41,3 м³)	РН-4100ХРС (55,8 м³)
III	d_{cp} , м	0,525	0,525	0,525	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	$Q_{э}$, м³/см	2 461	3 177	4 009	4 463	5 654	6 173	8 786	11 683	14 584	19 402
	$Q_{э год}$, тыс. м³/год	1 531	1 976	2 494	2 776	3 517	3 839	5 465	7 267	9 071	12 068
	$\Sigma C_{уд}$, руб/м³	132,99	131,62	104,51	90,77	78,42	75,67	73,14	69,33	55,00	46,60
IV	d_{cp} , м	0,525	0,525	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0
	$Q_{э}$, м³/см	2 461	3 177	3662	4 463	5 654	6 829	8 786	11 683	14 584	19 402
	$Q_{э год}$, тыс. м³/год	1 531	1 976	2 278	2 776	3 517	3 517	5 465	7 267	9 071	12 068
	$\Sigma C_{уд}$, руб/м³	139,93	138,55	110,25	95,96	83,61	81,95	80,00	76,19	61,86	53,46

Для построения оптимального перспективного плана в целом по отрасли необходимо иметь индивидуальные зависимости капитальных вложений и себестоимости выпуска товарной продукции от производственной мощности предприятия [20].

На основании данных, приведенных в табл. 2, установлены эмпирические зависимости для определения значений минимальных издержек и соответствующей им сменной производительности мехлопат при разработке вскрышных пород ЭАКМЛ в условиях разрезов Кузбасса:

$$Q_3 = 433,23 \times E^{0,94}, \text{ м}^3/\text{см}, \quad (1)$$

где E – вместимость ковша, м^3 .

При III категории разрабатываемых пород

$$\Sigma C_{\text{уд}} = 304,87 \times E^{-0,46}, \text{ руб}/\text{м}^3. \quad (2)$$

При IV категории разрабатываемых пород

$$\Sigma C_{\text{уд}} = 294,15 \times E^{-0,42}, \text{ руб}/\text{м}^3. \quad (3)$$

Результаты оценки достоверности установленных формул для определения значений минимальных издержек и сменной производительности мехлопат при разработке вскрышных пород ЭАКМЛ в условиях разрезов центрального Кузбасса приведены в табл. 3.

Графические зависимости значений минимальных издержек и сменной производительности мехлопат при разработке вскрышных пород в условиях разрезов центрального Кузбасса приведены на рис. 2.

Обсуждение результатов исследований

Полученные зависимости позволяют техническим службам карьера и проектировщикам оперативно на стадии принятия решения с достаточной точностью определить тип и количество экскаваторов (ЭАКМЛ) для условий конкретного участка разреза в соответствии с установленными требованиями по обеспечению плановой добычи. В том числе результаты могут быть использованы при формировании инвестиционных горнорудных проектов [21].

В результате была решена одна из главных задач исследования – обоснование рациональных параметров технологии разработки взорванных вскрышных экскаваторно-автомобильными комплексами для разрезов Кузбасса.

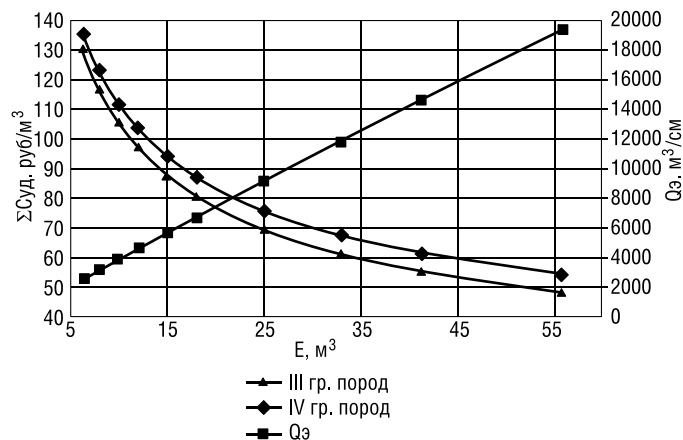


Рис. 2. Графические зависимости значений минимальных издержек и сменной производительности мехлопат при разработке вскрышных пород от вместимости ковша экскаватора

Fig. 2. Graphical dependences of the values of the minimum costs and the replaceable productivity of the mehlopat in the development of overburden rocks on the bucket capacity of the excavator

Для этого в соответствии с принятыми методами учета затрат при применении ЭАКМЛ на карьерах Кузбасса были установлены:

- ✦ затраты на обеспечение работы для всех принятых типов мехлопат, транспорта, бульдозерной техники в забое и по отвалообразованию;
- ✦ стоимость бурения одного погонного метра эксплуатируемых буровых станков на предприятиях, затраты на ВВ, зарядание скважин и охрану блоков.

Это позволило определить зависимость изменения удельных затрат на БВР от величины средневзвешенного размера кусков взорванных пород для двух категорий разрабатываемых пород – IV и III (трудно взрываемые породы и средне взрываемые породы), которая определяет тип ВВ и схему заряда в скважине. Также были установлены графические зависимости изменения суммарных удельных эксплуатационных затрат по процессам разработки ЭАКМЛ, оснащенных современными механическими лопатами с вместимостью ковша экскаватора от 6,3 до 55,8 м^3 .

Заключение

Предлагаемый способ оптимизации параметров экскаваторно-автомобильных комплексов с применением мехлопат

Таблица 3 / Table 3

Результаты оценки и критерии достоверности формул для определения минимальных издержек и сменной производительности мехлопат / The results of evaluation and criteria for the reliability of formulas for determining the minimum costs and replaceable productivity of mehlopat

Группа пород / Group of breeds	Расчетные формулы / Calculation formulas	Ед. измер. / Unit of measurement	Критерий оценки достоверности / Criterion for assessing reliability		
			Козф. корреляции	Козф. детерминации	Средняя ошибка аппроксимации
-	$Q_3 = 433,23 \times E^{0,94}$	$\text{м}^3/\text{см}$	1,00	0,999	1,69 %
III	$\Sigma C_{\text{уд}} = 304,87 \times E^{-0,46}$	$\text{руб}/\text{м}^3$	0,970	0,942	6,04 %
IV	$\Sigma C_{\text{уд}} = 294,15 \times E^{-0,42}$	$\text{руб}/\text{м}^3$	0,964	0,929	6,13 %

дает возможность за счет установления рационального значения величины средневзвешенного размера куска взорванной породы, также дает возможность определения минимальной величины суммарных издержек и соответствующие им параметры всех процессов технологии разработки пород ЭАКМЛ, оснащенных современными механическими лопатами с вместимостью ковша экскаватора от 6,3 до 55,8 м³ при разработке пород III и IV категории.

Кроме того, разработанная методика позволяет решать следующие задачи при оптимизации параметров ЭАКМЛ:

- ✦ выбора величины удельного расхода ВВ в определенных условиях работы;
- ✦ выбора типа мехлопаты путем сравнения их технико-экономических показателей по величине суммарных

удельных затрат на работу экскаваторно-автомобильного комплекса;

- ✦ выбора технических средств (автосамосвалов, буровых станков, бульдозерной техники) различной производительности и стоимости;
- ✦ решения комплексной задачи путем выбора величины удельного расхода ВВ, типа мехлопаты, автосамосвала, бурового станка и бульдозера.

Таким образом, изложенное выше научно обоснованное техническое решение имеет важное значение для оптимизации параметров технологии разработки полускальных вскрышных пород экскаваторно-автомобильными комплексами с применением мехлопат на разрезах Кузбасса и вносит существенный вклад в повышение эффективности открытых горных работ. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Сермин, Д. С. Анализ качества взорванных горных пород на основе интегрального распределения энергии / Д. С. Сермин, А. В. Матвеев, О. О. Лобанова // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: сб. трудов конф. - Новокузнецк: СибГИУ, 2020. - С. 210-212.
2. Ненашев, А. С. Развитие и состояние применяемых видов технологии ведения горных работ и систем разработки на разрезах Кузбасса / А. С. Ненашев, В. С. Федотенко, Н. А. Федотенко // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. - 2023. - № 3. - С. 249-268.
3. Ненашев, А. С. Организационные условия высокопроизводительной работы мощных экскаваторно-автотранспортных комплексов на разрезах / А. С. Ненашев, В. С. Федотенко // Маркшейдерия и недропользование. - 2019. - № 6 (104). - С. 49-52.
4. Чаплыгин, В. В. К вопросу оптимизации параметров технологии разработки полускальных вскрышных пород на разрезах Кузбасса / В. В. Чаплыгин, А. А. Садыков, А. В. Матвеев // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2023. - № 9. - С. 84-98.
5. Временная методика расчета параметров взрывной отбойки пород на угольных разрезах / А. В. Бирюков, Н. Я. Репин, И. А. Паначев, А. С. Ташкинов. - М.: Типография ИГД им. А. А. Скочинского, 1976. - 50 с.
6. 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. 17-20.
7. Кононенко, Е. А. Влияния кусковатости взорванных пород на производительность экскаватора Вискус 495HD / Е. А. Кононенко, А. Б. Исайченков // Маркшейдерия и недропользование. - 2014. - № 6. - С. 17-19.
8. Вилкул, Ю. Г. Влияние гранулометрического состава взорванной горной массы на технико-экономические показатели работы карьеров / Ю. Г. Вилкул, В. В. Перегудов // Криворожский технический университет, разработка рудных месторождений. - 2011. - № 94. - С. 3-7.
9. Зависимость производительности экскаватора от кусковатости взорванной породы на Житикаринском карьере / А. Е. Казангапов, А. Е. Куттыбаев, Г. Саменов, А. Н. Петрунько // Вестник КазНТУ. - 2006. - № 2. - С. 153-156.
10. Федотенко, В. С. Оптимизация параметров технологии разработки полускальных вскрышных пород экскаваторно-автомобильными комплексами с применением мехлопат / В. С. Федотенко, В. В. Чаплыгин, А. В. Матвеев // Маркшейдерия и недропользование. - 2024. - № 1. - С. 17-31.
11. Артяева, М. А. Стоимостной подход при управлении увеличении ценности компании / М. А. Артяева // Инновации в науке: пути развития: мат-лы X Всерос. науч.-практ. конф., 26 дек. 2018 г. - Чебоксары, 2018. - С. 203-205.
12. Kovalchuk, V. A. The economic-mathematical modeling of the optimal structure of investment of a mining and dressing enterprise / V. A. Kovalchuk, T. M. Kovalchuk // Business Inform. - 2020. - Vol. 2, № 505. - P. 108-104.
13. Information for enterprise management in Economics 4.0 / I. Vysochyn, H. Sytnyk, T. Zhuk [et al.] // Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu. - 2022. - Vol. 3. - P. 141-145.
14. An approach to the economic assessment of production risk at a mining enterprise / N. V. Galkina, I. L. Kravchuk, A. V. Solin [et al.] // News of the Ural state mining university. - 2022. - Vol. 4. - P. 151-158.
15. Wang, X. Construction of economic management performance model of mining enterprises under the background of supply-side reform / X. Wang // Wseas transactions on business and economics. - 2023. - Vol. 20. - P. 2066-2076.
16. Trushina, G. S. Mining enterprise performance strategy economic evaluation / G. S. Trushina // Ugol. - 2017. - Vol. 3. - P. 52-55.
17. Бусырев, В. М. Экономические основы рационального освоения минерально-сырьевых ресурсов недр / В. М. Бусырев // Вестник Кольского научного центра РАН. - 2019. - № 2. - С. 75-82.
18. Временные нормы технологического проектирования угольных и сланцевых разрезов ВНТП 2-92. - М., 1993. - 78 с.
19. Кузнецов, А. Г. Применение ускоренной амортизации для повышения эффективности инвестиционных проектов в горной промышленности / А. Г. Кузнецов, Ю. А. Кузнецова // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. - 2011. - № 1. - С. 33-35.
20. Кузнецов, А. Г. Оптимизация стратегического планирования развития уранодобывающей отрасли на основе экономико-математического моделирования / А. Г. Кузнецов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. - 2011. - № 4. - С. 39-45.
21. Гилярова, А. А. Концепция объектно-ориентированной бизнес-модели инвестиционного горнорудного проекта / А. А. Гилярова // Экономика и бизнес: теория и практика. - 2019. - № 10-1 (56). - С. 88-92.

REFERENCES

1. Sermin DS, Matveev AV, Lobanova OO. Analysis of the quality of blasted rocks based on the integral energy distribution. *Science and youth: problems, searches, solutions: proceedings of the conference*. Novokuzneck, 2020:210-12 (In Russ.).
2. Nenashev AS, Fedotenko VS, Fedotenko NA. The development and state of the applied types of mining technology and mining systems in the Kuzbass sections. *Proceedings of Tula State University. Earth Sciences*. 2023;3:249-68 (In Russ.).
3. Nenashev AS, Fedotenko VS. Organizational conditions of high-performance operation of powerful excavator-motor transport complexes in sections. *Surveying and subsoil use*. 2019;6(104):49-52 (In Russ.).
4. Chaplygin VV, Sadykov AA, Matveev AV. On the issue of optimizing the parameters of the technology for the development of semi-horizontal overburden rocks in the Kuzbass sections. *Mining information and analytical bulletin*. 2023;9:84-98 (In Russ.).
5. Birjukov AV, Repin Nja, Panachev IA, et al. A temporary method for calculating the parameters of explosive rock stripping at coal mines. Moscow: Printing house IGD im. A. A. Skochinskogo, 1976 (In Russ.).
6. Tashkinov AS, Sysoev AA, Tashkinov IA. Comparative evaluation of the productivity of quarry excavators in the development of blasted rocks. *Bulletin of KuzSTU*. 2009;4:17-20 (In Russ.).
7. Kononenko EA, Isajchenkov AB. The impact of the lumpiness of blasted rocks on the performance of the Bucyrus 495HD excavator. *Surveying and subsoil use*. 2014;6:17-9.
8. Vilkul JuG, Peregudov VV. The influence of the granulometric composition of the exploded rock mass on the technical and economic performance of quarries. *Krivoy Rog Technical University, development of ore deposits*. 2011;94:3-7 (In Russ.).
9. Kazangapov AE, Kutybaev AE, Samenov G, et al. Зависимость производительности экскаватора от кусковатости взорванной породы на Житикаринском карьере. *Bulletin of KazNTU*. 2006;2:153-56 (In Russ.).
10. Fedotenko VS, Chaplygin V V, Matveev AV. Optimization of the parameters of the technology for the development of semi-horizontal overburden by excavator-automotive complexes using mechlopat. *Surveying and subsoil use*. 2024;1:17-31 (In Russ.).
11. Artjaeva MA. A cost-based approach to managing increasing the value of a company // Innovations in science: ways of development: mat-ly X All-Russian Scientific and Practical conference. December 26th. 2018. Cheboksary, 2018:203-05 (In Russ.).
12. Kovalchuk VA, Kovalchuk TM. The economic-mathematical modeling of the optimal structure of investment of a mining and dressing enterprise. *Business Inform*. 2020;2(505):104-104.
13. Vysochyn I, Sytnyk H, Zhuk T, et al. Information for enterprise management in Economics 4.0. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*. 2022;3:141-45.
14. Galkina NV, Kravchuk IL, Solin AV, et al. An approach to the economic assessment of production risk at a mining enterprise. *News of the Ural state mining university*. 2022;4:151-58.
15. Wang X. Construction of economic management performance model of mining enterprises under the background of supply-side reform. *Wseas transactions on business and economics*. 2023;20:2066-76.
16. Trushina GS. Mining enterprise performance strategy economic evaluation. *Ugol*. 2017;3:52-5.
17. Busyrev VM. The economic foundations of the rational development of mineral resources of the subsoil. *Bulletin of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2019;2:75-82 (In Russ.).
18. Temporary norms of technological design of coal and shale sections of VNTP 2-92. Moscow, 1993 (In Russ.).
19. Kuznecov AG, Kuznecova JuA. The use of accelerated depreciation to improve the efficiency of investment projects in the mining industry. *Mineral resources of Russia. Economics and Management*. 2011;1:33-5 (In Russ.).
20. Kuznecov AG. Optimization of strategic planning for the development of the uranium mining industry based on economic and mathematical modeling. *Mineral resources of Russia. Economics and Management*. 2011;4:39-45.
21. Giljarova AA. The concept of an object-oriented business model of an investment mining project. *Economics and Business: theory and practice*. 2019;10-1(56):88-92.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Матвеев Андрей Васильевич:
старший преподаватель,
кафедра открытых горных работ и электромеханики,
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк, Российская Федерация,
e-mail: matveev-av@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Matveev Andrey Vasilyevich:
Senior Lecturer,
Department of Open-pit Mining and Electromechanics,
Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk, Russian Federation,
e-mail: matveev-av@yandex.ru