

ОБОСНОВАНИЕ МОМЕНТА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ТРАНСФОРМАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ В НИЖНЕЙ ЗОНЕ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ

И.А. Глебов¹, А.Г. Журавлев¹

¹ Институт горного дела Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия,
e-mail: i.glebov@igduran.ru

Аннотация: Концепция «переходных процессов» при формировании транспортных систем карьеров является важной и актуальной для глубоких карьеров в свете необходимости достижения больших глубин. В настоящее время глубина разведанных запасов алмазорудных месторождений достигает 750—1650 м, в то время как заложенная в проектах конечная глубина разработки открытым способом не превышает 750 м. Для достижения такой глубины разработки открытым способом применяются новые технологические решения и горнотранспортное оборудование, позволяющее оптимизировать горные выработки. Например, применение шарнирно-сочлененных или гусеничных самосвалов и крутонаклонных транспортных съездов позволяет увеличить углы откоса бортов. Крутые автоуклоны обеспечивают меньшее количество витков спиральной трассы, размещаемой на бортах карьера, а самосвалы меньшей ширины позволяют сократить ширину транспортной бермы в глубинной зоне карьера. Вследствие этого увеличиваются углы откоса бортов и сокращаются вскрышные работы. Также для увеличения глубины разработки открытым способом возможен вариант размещения автосъездов в подземных выработках за контурами карьера. Данная технология позволяет минимизировать влияние транспортных коммуникаций на разнос бортов карьера и сократить дополнительный объем вскрыши. Показан алгоритм расчета технико-экономических параметров технологии разработки карьера с применением тоннельного вскрытия, позволяющий учитывать момент перехода на тоннельное вскрытие и определять его рациональную глубину. Выполнен расчет по предлагаемому алгоритму и обоснован момент перехода на новую схему вскрытия в зависимости от глубины карьера и мощности рудного тела.

Ключевые слова: открытая разработка, самосвал, шарнирно-сочлененный самосвал, комбинированная разработка, крутонаклонные автосъезды, тоннельный съезд, наклонные подземные транспортные выработки, глубина перехода, переходный процесс, транспортная система карьера.

Благодарность: Исследования выполнены в рамках Государственного задания № 075-00412-22 ПР.

Для цитирования: Глебов И. А., Журавлев А. Г. Обоснование момента переходного процесса при трансформации транспортной системы в нижней зоне глубоких карьеров // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 5. – С. 95–107. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_5_0_95.

Justification of transient process time in transportation system transformation at the bottom of deep open pit mines

I.A. Glebov¹, A.G. Zhuravlev¹

¹ Institute of Mining, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia,
e-mail: i.glebov@igduran.ru

Abstract: The concept of transient processes in development of transportation systems in very deep open pit mines is extremely critical and urgent. The actual depth of proven diamond reserves reaches currently 750–1650 m while the finite target depth of open pit mining is within 750 m. For reaching such depth of open pit mining, the novel process designs as well as mining and transportation equipment are used to optimize open pit design. For instance, the use of articulated or caterpillar dump trucks and steeply pitched haul roads enable decreasing pitwall slope. Steep ramps allow less turns of spiral haul roads on the pitwall, while the narrower dump trucks make it possible to decrease the berm width of the haul road at the bottom of an open pit. As a consequence, the slope angle of the pitwall is increased and the scope of stripping is reduced. Furthermore, for the purpose of deeper level mining, it is possible to arrange ramps in underground openings beyond the limits of an open pit mine. This approach minimizes the influence of haul roads on the pitwall slope and reduces the stripping amount. This article presents an algorithm to calculate the technical and economic performance of the mining technology at the bottom of an open pit mine with accessing the reserves via tunnels, which includes the time of transition to the tunnel accessing and optimizes its depth. The calculations using the proposed algorithm is performed, and the time of transition to the new flowsheet of accessing subject to the depth of an open pit mine and to the depth of an ore body is justified.

Key words: open pit mining, dump truck, articulated dump truck, hybrid open pit/underground mining, steeply inclined haul roads, tunnel ramp, inclined underground haulage roadways, transition depth, transient process, open pit mine transportation system.

Acknowledgements: The study was carried out under State Contract No. 075-00412-22 PR.

For citation: Glebov I. A., Zhuravlev A. G. Justification of transient process time in transportation system transformation at the bottom of deep open pit mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(5):95-107. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_5_0_95.

Введение

Применение концепции «переходных процессов» при формировании транспортных систем карьеров, и особенно глубоких карьеров, является важным и актуальным научно-методическим новшеством. В настоящее время глубина разведанных запасов алмазородных месторождений достигает 750–1650 м, в то время как заложенная в проектах конечная глубина разработки открытым спо-

собом не превышает 750 м [1]. После достижения данной глубины возможен переход на подземные горные работы. Однако при этом значительно повышаются капитальные вложения на строительство горных выработок и снижается безопасность ведения работ. Для достижения большей глубины разработки открытым способом применяются новые технологические решения и горно-транспортное оборудование, позволяю-

щее оптимизировать горные выработки. Например, применение шарнирно-сочлененных или гусеничных самосвалов и крутонаклонных транспортных съездов позволяет увеличить углы откоса бортов. Крутые автоуклоны обеспечивают меньшее количество витков спиральной трассы, размещаемой на бортах карьера, а самосвалы меньшей ширины позволяют сократить ширину транспортной бермы в глубинной зоне карьера [2 – 4]. Вследствие этого увеличиваются углы откоса бортов и сокращаются вскрышные работы.

Также для увеличения глубины разработки открытым способом возможен вариант размещения автосъездов в подземных выработках за контурами карьера (рис. 1). Данная технология позволяет минимизировать влияние транспортных коммуникаций на разнос бортов карьера и сократить дополнительный объем вскрыши [5].

Комплексной задачей для обеих технологий является определение момента осуществления переходного процесса

при трансформации схемы вскрытия в глубинной части карьера с целью увеличения его глубины и снижения затрат.

Методы и материалы

Анализ, обобщение, технико-экономические расчеты.

Результаты

Для увеличения глубины разработки алмазородных месторождений открытым способом необходимы инновационные решения с примирением перспективных видов транспорта. Применение железнодорожного транспорта на алмазородных месторождениях Западной Якутии ограничено значительными радиусами железнодорожных путей, что не вписывается в ограниченные контуры карьеров, а внедрение крутонаклонных подъемников на данный момент сдерживается высокими темпами углубки карьеров и многоэтапностью их разработки, что не позволяет сформировать эффективно нерабочий борт в конечном положении

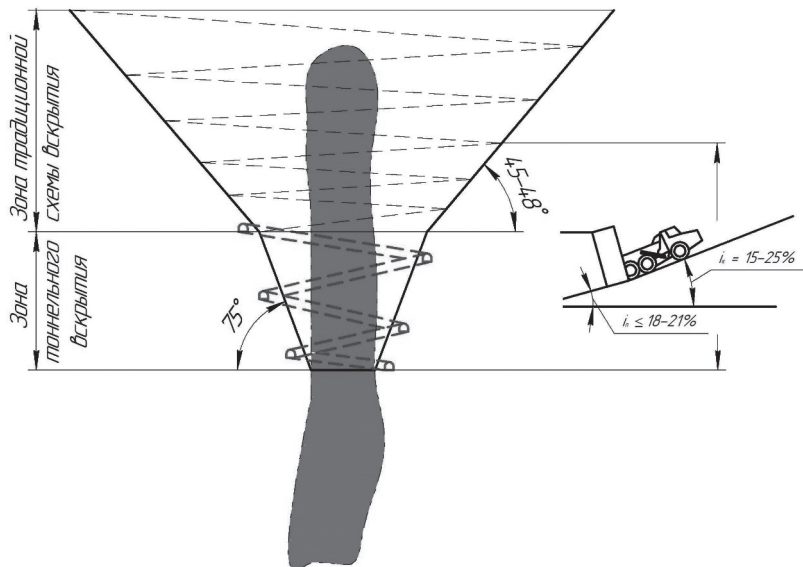


Рис. 1. Схема размещения тоннельных съездов на примере карьера «Нюрбинский» [6]

Fig. 1. Layout of tunnel ramps in terms of Nyurba open pit mine [6]

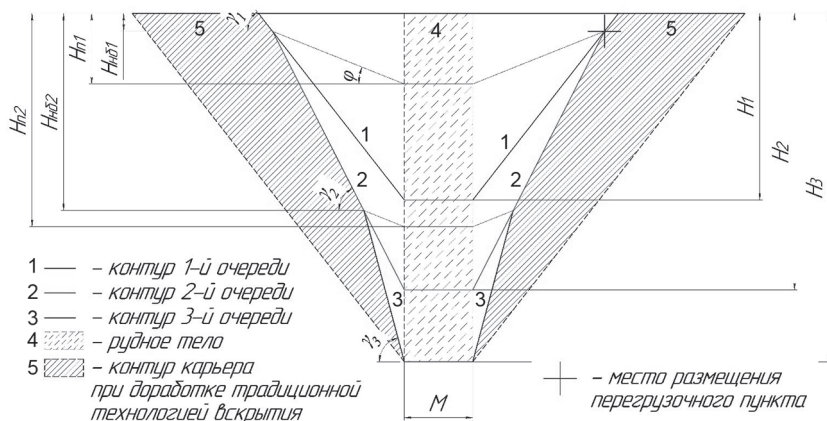
на длительный срок, достаточный для окупаемости стационарных подъемников [7]. По этой причине для доработки глубоких горизонтов рассматриваются способы вскрытия с применением автомобильного транспорта.

Так, например, в 2012 г. Институтом «Якутнипроалмаз» и Институтом горного дела УрО РАН были разработаны научно-методические основы и проектные решения по вскрытию глубоких карьеров «Удачный» и «Ботуобинский» с применением шарнирно-сочлененных самосвалов. Горная масса поднималась с нижних горизонтов карьера по уклонам около 24% до перегрузки в автосамосвалы САТ-785 [8]. В 2017 г. Институтом «Якутнипроалмаз» и Уральским государственным горным университетом бы-

ла предложена схема доработки глубоких горизонтов Нюрбинского карьера, которая позволила увеличить проектную глубину с 570 м до 750 м. [1]. В данной схеме вскрытие горизонтов производится крутонаклонными съездами (с уклоном до 25%), а затем законтурными тоннельными съездами (с уклоном до 20%) с применением шарнирно-сочлененных самосвалов [9, 10].

Для эффективного использования данной схемы нужно определить момент осуществления переходного процесса (глубину перехода). Для этого необходимо произвести расчет технико-экономических параметров сравниваемых технологий.

Разработан алгоритм расчета технико-экономических параметров техноло-



M — диаметр дна карьера, совпадающий с контуром рудного тела, м; H_1 — конечная глубина карьера при традиционной схеме вскрытия с использованием автосамосвалов с колесной формулой 4×2, м; H_2 — конечная глубина карьера при двухэтапном вскрытии традиционными автосъездами и крутонаклонными съездами и использовании полноприводных автосамосвалов, м; H_3 — конечная глубина карьера при трехэтапном вскрытии традиционными автосъездами, крутонаклонными съездами и тоннелями, м; H_{n1} — глубина перехода на вскрытие крутонаклонными автосъездами, м; H_{n2} — глубина перехода на тоннельное вскрытие, м; $H_{н.61}$ — высота нерабочего борта карьера при переходе на вскрытие крутонаклонными съездами, м; $H_{н.62}$ — высота нерабочего борта карьера при переходе на тоннельное вскрытие, м; γ_1 — угол откоса нерабочего борта карьера при традиционной схеме вскрытия, град.; γ_2 — угол откоса нерабочего борта карьера при вскрытии крутонаклонными съездами, град.; γ_3 — угол откоса нерабочего борта карьера при тоннельном вскрытии, град.; ϕ — угол откоса рабочего борта, град.

Рис. 2. Схема к технико-экономическому обоснованию глубины перехода на схему вскрытия крутонаклонными съездами или тоннелями

Fig. 2. Schematic representation for technical and economic assessment of depth of transition to accessing via steep ramps or tunnels

гии доработки карьера с применением тоннельного вскрытия, позволяющий учитывать момент перехода на тоннельное вскрытие и определять его рациональную глубину.

Для определения начала переходного процесса на тоннельное вскрытие или крутонаклонное вскрытие карьер делится на 2 очереди (этапа), а при смешанной схеме доработки карьера (крутонаклонное вскрытие с последующим переходом на тоннельное) на 3 очереди (рис. 2). Глубиной начала переходного процесса на (измененную) схему вскрытия считается:

- при двухстадийной схеме — отметка дна карьера на момент перехода к вскрытию тоннельными или крутонаклонными съездами, т.е. когда верхний контур текущего положения рабочего борта достигает отметки верхнего контура проектного борта второй очереди в конечном положении;

- при трехстадийной схеме — отметка дна карьера на момент перехода к 3-й очереди, т.е. вскрытию тоннелями.

Переход подразумевает момент ввода в действие новой системы транспортных коммуникаций: формирование на конечном бурту первого крутонаклонного съезда либо открытие движения по верхнему тоннельному съезду. В рамках данного исследования рассматривается схема, когда верхние контуры бортов карьера каждого последующего этапа лежат в пределах контуров бортов предыдущего этапа, а увеличение глубины достигается повышением углов их откоса [11].

Укрупненно алгоритм расчета технико-экономических показателей вариантов вскрытия тоннельными и крутонаклонными съездами приведен на рис. 3. Здесь H — высота i -го конуса, м; $V_{п.и}$ — объем полезного ископаемого, м³; $\rho_{п.и}$ — плотность полезного ископаемого, т/м³; $\eta_{п.и}$ — коэффициент извлечения полез-

ного ископаемого; R — радиус конуса по верху, м; r — радиус конуса по низу, м; k_n — коэффициент неравномерности выемки вскрыши; T_r — время работы карьера за год, дней; $n_{см}$ — количество рабочих смен в сутки; H_n — высота подъема горной массы, м; l — уклон транспортных берм, %; $v_{ср.т}$ — среднетехническая скорость автосамосвала, км/ч; $t_{погр} + t_0$ — время погрузки и ожидания самосвала, мин; k_i — коэффициент использования; h_n — высота между порталами, м; $S_{кв}$ — сечение квершлаггов (порталов) м²; $L_{кв}$ — длина квершлаггов (порталов), м; $n_{кв}$ — количество квершлаггов, шт.; $C_{вс}^{пр}$, $C_{вс}^{об}$ — себестоимость проходки вент.скважины и ее обслуживания, руб./м³; $S_{вс}$ — сечение вентиляционной скважины, м²; $S_{тс}$ — сечение тоннельного съезда, м²; $L_{тс}$ — длина тоннельного съезда, м; $V_{тс}$ — объем тоннельного съезда, м³; $C_{тс}^{пр}$, $C_{тс}^{об}$ — себестоимость проходки тоннельного съезда и его обслуживания, руб./м³; $V_{кв}$ — объем квершлаггов, м³; $C_{кв}^{пр}$, $C_{кв}^{об}$ — себестоимость проходки квершлаггов и их обслуживания, руб./м³; $n_{комб}$ — количество комбайнов, ед.; $C_{комб}$ — стоимость одного комбайна, ед.; $C_{то}$, $C_{гсм}$, $C_{эл}$ — стоимость ТО, ГСМ и электричества, руб.; $V_{пер}$ — объем перегрузочных работ, м³; $C_{лер}^{пер}$ — себестоимость перегрузки горной массы, руб./м³; V_v — объем вскрышных работ, м³; C_v — себестоимость вскрышных работ, руб./м³; $C_{дт}$, $C_{ш}$ — стоимость дизельного топлива и шин, руб.; n_a — количество автосамосвалов, ед.; C_a — стоимость самосвала, руб./ед.

Результаты расчетов по нему дают базисную оценку рациональной глубины перехода в первом приближении. Для более точного обоснования требуется учитывать многовариантность развития рабочей зоны карьера с применением известных и перспективных методов управления рабочей зоной, в том

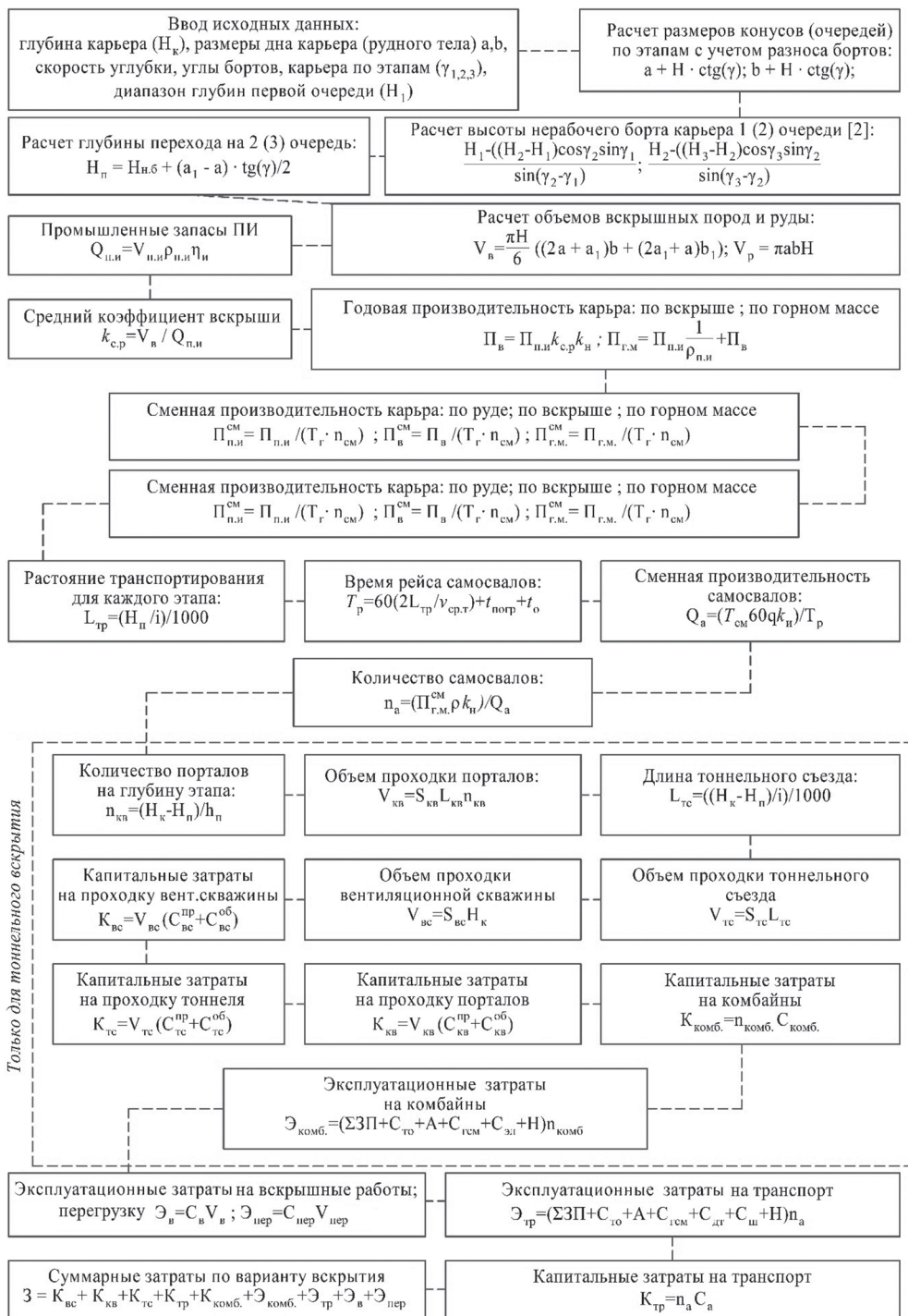


Рис. 3. Алгоритм технико-экономических расчетов для сравнения вариантов вскрытия
 Fig. 3. Technical and economic assessment algorithm to compare accessing scenarios

числе за счет постановки бортов или их части во временно нерабочее положение [12].

Выполнены расчеты по вышеприведенному алгоритму для диапазона глубин карьера 100—1020 м, которые позволили определить диапазон технико-экономического преимущества схемы вскрытия тоннельными съездами с применением полноприводных шарнирно-сочлененных автосамосвалов по сравнению с традиционной схемой вскрытия автотранспортными съездами с уклоном до 8% (11% на временных автодорогах в рабочей зоне).

Так, на рис. 4 представлены затраты при тоннельном вскрытии в сравнении с отработкой карьера на всю глубину по традиционной схеме. Причем выделены подварианты:

- тоннельное вскрытие — двухстадийная отработка с переходом на вскрытие тоннелями с определенной глубины (глубиной перехода считается глубина заложения верхних тоннельных съездов);
- трехстадийное вскрытие — переход сначала на применение крутонаклонных съездов, а затем на тоннельное вскрытие (в данном случае глубиной перехода считается глубина заложения верхних крутонаклонных съездов).

Видно, что заметное влияние на экономические результаты оказывают конечная глубина карьера, глубина перехода, размеры дна карьера. Несмотря на то, что использование комбинированного вскрытия в некоторых случаях на начальном этапе является менее экономичным, в конечном итоге оно для всех рассмотренных случаев выгоднее, чем только тоннельное. Это говорит о приоритетности поэтапной трансформации схемы вскрытия, причем стратегия формирования карьерного пространства и транспортной системы карьера должна строиться с учетом переходных процессов.

Детальный анализ результатов расчетов показал следующее:

- с ростом глубины и диаметра дна карьера эффект от применения тоннельного вскрытия возрастает;
- при увеличении конечной глубины карьера возрастает рациональная глубина перехода на тоннельное вскрытие;
- доработка карьера с применением крутонаклонных съездов на глубину 200—300 м относительно отметки дна карьера первой очереди выгоднее тоннельного вскрытия; если же необходимо увеличить глубину карьера еще больше относительно технико-экономических возможностей традиционной технологии с автомобильным транспортом, то требуется применение поэтапной трансформации схемы вскрытия с трехстадийной отработкой при переходе сначала на вскрытие крутонаклонными автосъездами, а затем тоннелями;
- наибольший экономический эффект от сокращения объема вскрыши достигается при трехстадийной схеме формирования карьера.

Обобщенные данные, приведенные на рис. 5, показывают, что эффективность тоннельного вскрытия достигается в широком диапазоне глубин перехода. Чем глубже будет выполнен такой переход, тем меньший эффект достигается, но тем дольше карьер работает по традиционной схеме, что в некоторой степени упрощает ведение горных работ, снижает риски недостижения плановых показателей по производительности и технико-экономическим показателям за счет сокращения периода работы по новой технологии. Также видно, что с ростом конечной глубины карьера эффект от тоннельного вскрытия возрастает высокими темпами, имея нелинейный характер, близкий к параболическому.

Вышесказанное позволило оценить границы осуществления переходных процессов по трансформации схемы

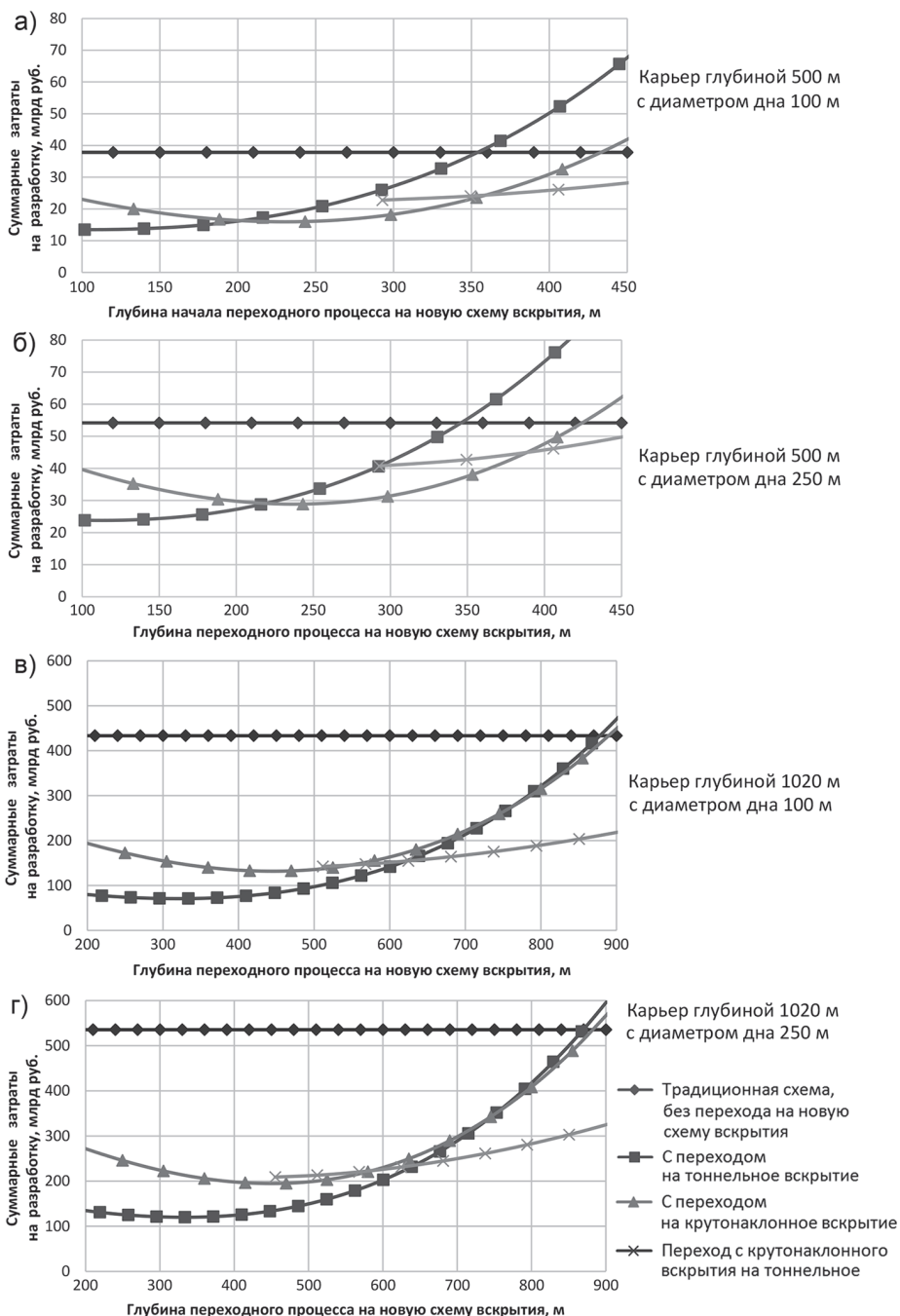


Рис. 4. Зависимость затрат на разработку карьера от глубины перехода на новую схему вскрытия («переход с крутонаклонного вскрытия на тоннельное» — трехстадийное вскрытие: средней части карьера крутонаклонными съездами, нижней части — тоннелями)

Fig. 4. Open pit mining cost versus depth of transition to new accessing flowsheet (transition from steep ramps to tunnels — three-stage accessing: steep ramps in the middle of pitwall and tunnels at the bottom of open pit)

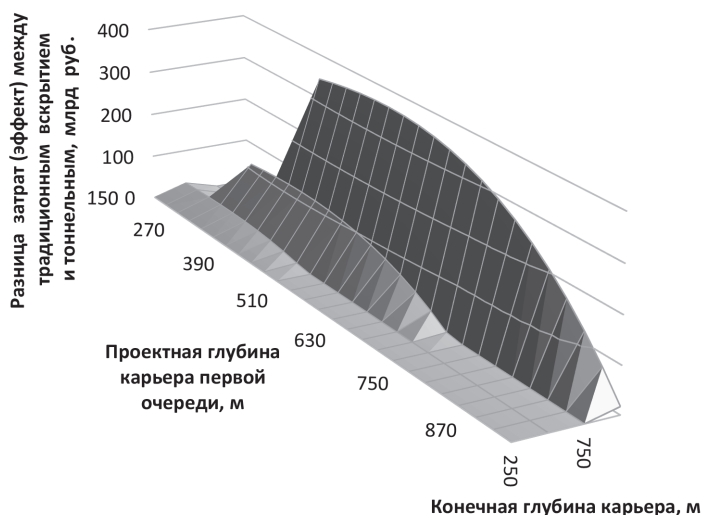


Рис. 5. Зависимость разницы затрат («+» – экономия) между традиционным и тоннельным вскрытием карьера от глубины перехода для разной конечной глубины карьера при мощности рудного тела 100 м и скорости углубки 15 м/год

Fig. 5. Correlation of cost difference (+ – saving) between conventional and tunnel-based accessing with transition depth at different finite depths of open pit at ore body thickness of 100 m and rate of increase in pit depth at 15 m/yr

вскрытия глубокого месторождения с применением тоннельных автомобильных съездов при разработке его открытым способом.

На рис. 6 показана расчетная относительная глубина перехода на новую схему вскрытия (крутонаклонными или тоннельными) съездами. С левой сторо-

ны графики ограничены минимальной экономически эффективной глубиной карьера, на котором данная технология может применяться. Видно, что при рассматриваемой технологии перехода двухстадийная схема с тоннельным вскрытием должна предусматривать переход с меньшей глубины, чем вариант с круто-

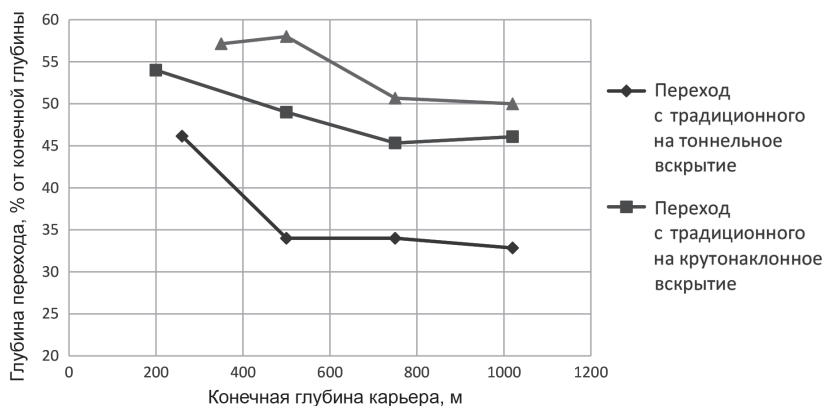


Рис. 6. Зависимость глубины перехода на новую схему вскрытия от конечной глубины карьера при диаметре дна карьера 175 м и скорости углубки 15 м/год

Fig. 6. Depth of transition to new accessing flowsheet versus finite depth of open pit at its bottom diameter of 175 m and rate of increase in pit depth at 15 m/yr

Эффективная глубина перехода на схему вскрытия крутонаклонными и тоннельными автомобильными съездами (в рассматриваемых условиях)
Efficient depth of transition to accessing flowsheet with steep ramps and tunnel ramps for dump trucks (under discussed conditions)

Глубина карьера, м	Диаметр дна карьера, м			
	100	175	250	425
Переход с традиционного на крутонаклонное вскрытие				
<200	неэффективно	неэффективно	неэффективно	неэффективно
250	100 – 140	120 – 140	120 – 140	неэффективно
500	190 – 300	190 – 300	190 – 300	190 – 300
750	300 – 350	310 – 370	310 – 370	310 – 370
1020	350 – 550	350 – 550	420 – 520	420 – 520
Переход с традиционного на тоннельное вскрытие				
<260	неэффективно	неэффективно	неэффективно	неэффективно
500	130 – 245	130 – 245	130 – 245	130 – 245
750	170 – 290	170 – 290	220 – 290	220 – 330
1020	250 – 350	250 – 420	250 – 420	250 – 420
Переход с традиционного и крутонаклонного вскрытия на тоннельное (трехстадийная схема)				
< 350	неэффективно	неэффективно	неэффективно	неэффективно
500	290 – 350	290 – 350	290 – 350	неэффективно
750	350 – 450	350 – 450	410 – 450	410 – 500
1020	500 – 650	500 – 650	450 – 650	450 – 650

наклонными съездами. Это объясняется большими капитальными затратами на тоннели, которые могут окупиться только при существенном сокращении объема вскрыши за счет перехода на тоннельное вскрытие. Для достижения наибольшего эффекта необходимо выбирать глубины перехода на тоннельное вскрытие, указанные в таблице.

Предложения по направлению будущих исследований

Дальнейшие исследования направлены на:

- поиск стратегии формирования горнотехнической системы с целью достижения глубин до 1200 м открытым способом при разработке месторождений;
- определение границ применения тоннельного вскрытия и обоснование

момента переходного процесса на подземные горные работы.

Заключение

1. Заметное влияние на экономические результаты рассматриваемой стратегии трансформации схемы вскрытия оказывают конечная глубина карьера, глубина перехода на крутонаклонное и тоннельное вскрытие и размеры дна карьера. С ростом глубины и диаметра дна карьера эффект от применения тоннельного вскрытия возрастает. При увеличении конечной глубины карьера возрастает рациональная глубина перехода на тоннельное вскрытие.

2. Во всех рассматриваемых случаях тоннельное вскрытие выгодно только вкуче с традиционным или крутонаклонным. Поэтому обоснование момента

осуществления переходного процесса (глубины перехода) на новую схему вскрытия должно выполняться для конкретных горнотехнических условий. Разработанный алгоритм расчета технико-экономических параметров позволя-ет решить данную задачу.

3. Доработка карьера с применением крутонаклонных съездов с приращением глубины на 200 м (в отдельных случаях до 300 м) относительно отметки

дна карьера первой очереди выгоднее тоннельного вскрытия. Если же необходимо увеличить глубину карьера еще больше относительно технико-экономических возможностей традиционной технологии с автомобильным транспортом, то требуется применение поэтапной трансформации схемы вскрытия с трехстадийной отработкой при переходе сначала на вскрытие крутонаклонными автосъездами, а затем тоннелями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акишев А. Н., Лель Ю. И., Ильбульдин Д. Х., Мусихина О. В., Глебов И. А. Технологические решения по вскрытию и отработке глубоких горизонтов Нюрбинского карьера АК «АЛРОСА» // Известия вузов. Горный журнал. – 2017. – № 7. – С. 4–12. DOI: 10.21440/0536-1028-2017-7-4-12.

2. Журавлев А. Г., Буднев А. Б. Влияние типоразмера автосамосвала на разнос бортов карьера // Проблемы недропользования. – 2018. – № 2. – С. 20–29. DOI: 10.25635/2313-1586.2018.02.020.

3. Fang W., Yang X., Zhao W., Liu B. Stability analysis of articulated dump truck based on eigenvalue method // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019, vol. 688, no. 2. DOI:10.1088/1757-899X/688/2/022024.

4. Zhang X. Study on ride comfort of the articulated dump truck // 5th International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE 2018). 2018, pp. 527–532. DOI: 10.1109/ICISCE.2018.00116.

5. Hustrulid W. A., Seegmiller B., Stephansson O. In-the-wall haulage for open-pit mining // Mining Engineering. 1987, vol. 39, no. 2, pp. 119–123.

6. Черепанов В. А., Глебов И. А. Факторы, влияющие на схему вскрытия глубоких горизонтов карьеров с применением наклонных подземных транспортных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 3-1. – С. 351–367. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-31-0-351-367.

7. Журавлев А. Г., Чендырев М. А. Техничко-экономические параметры транспортирования горной массы из карьера автомобильным наклонным карьерным подъемником // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2018. – № 1(1417). – С. 33–36.

8. Зырянов И. В., Цымбалова А. И. Испытания CAT-740В на крутонаклонных съездах карьера «Удачный» АК «АЛРОСА» // Горное оборудование и электромеханика. – 2013. – № 9. – С. 22–25.

9. Huang J., Sun C., Wu X., Ling S., Wang S., Deng R. Stability assessment of tunnel slopes along the Dujiangyan City to Siguniang Mountain Railway // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2020, vol. 79, no. 10, pp. 5309–5327. DOI:10.1007/s10064-020-01913-9.

10. Fei Z., Tianhong Y., Lianchong L., Jianqing B., Tianliang W., Ping X. Assessment of the rock slope stability of Fushun West Open-pit Mine // Arabian Journal of Geosciences. 2021, vol. 1459. DOI: 10.1007/s12517-021-07815-8.

11. Тарасов П. И., Журавлев А. Г., Фурин В. О. Обоснование технологических параметров углубочного комплекса // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. – № 9. – С. 2–10.

12. Вилкул Ю. Г., Слободянюк В. К., Максимов И. И. Теоретические основы определения объемов горнокапитальных работ при вскрытии глубоких карьеров трассами спиральной формы // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2007. — № 7. — С. 17–23. **МИАБ**

REFERENCES

1. Akishev A. N., Lel' Yu. I., Il'bul'din D. Kh., Musikhina O. V., Glebov I. A. Technological solutions for the ALROSA group Nyurbinsky open pit deep horizons exposing and processing. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal*. 2017, no. 7, pp. 4–12. [In Russ]. DOI: 10.21440/0536-1028-2017-7-4-12.
2. Zhuravlev A. G. The influence of the size of the dump on the dressing of pit. *Problems of Subsoil Use*. 2018, no. 2, pp. 20–29. [In Russ]. DOI: 10.25635/2313-1586.2018.02.020.
3. Fang W., Yang X., Zhao W., Liu B. Stability analysis of articulated dump truck based on eigenvalue method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019, vol. 688, no. 2. DOI:10.1088/1757-899X/688/2/022024.
4. Zhang X. Study on ride comfort of the articulated dump truck. *5th International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE 2018)*. 2018, pp. 527–532. DOI: 10.1109/ICISCE.2018.00116.
5. Hustrulid W. A., Seegmiller B., Stephansson O. In-the-wall haulage for open-pit mining. *Mining Engineering*. 1987, vol. 39, no. 2, pp. 119–123.
6. Cherepanov V. A., Glebov I. A. Factors influencing the opening of deep horizons of quarries with the use of inclined underground transport workings. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020, no. 3-1, pp. 351–367. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-31-0-351-367.
7. Zhuravlev A. G., Chendyrev M. A. Technical and economic parameters of transportation of rock mass from the quarry by road inclined quarry lift. *Ferrous Metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economical Information*. 2018, no. 1(1417), pp. 33–36. [In Russ].
8. Zyryanov I. V., Cymbalova A. I. Tests of the CAT-740B at steep-slope congresses of the Udachny JSC ALROSA quarry. *Mining Equipment and Electromechanics*. 2013, no. 9, pp. 22–25. [In Russ].
9. Huang J., Sun C., Wu X., Ling S., Wang S., Deng R. Stability assessment of tunnel slopes along the Dujiangyan City to Siguniang Mountain Railway. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. 2020, vol. 79, no. 10, pp. 5309–5327. DOI:10.1007/s10064-020-01913-9.
10. Fei Z., Tianhong Y., Lianchong L., Jianqing B., Tianliang W., Ping X. Assessment of the rock slope stability of Fushun West Open-pit Mine. *Arabian Journal of Geosciences*. 2021, vol. 1459. DOI: 10.1007/s12517-021-07815-8.
11. Tarasov P. I., Zhuravlev A. G., Furin V. O. Justification of technological parameters of the deepening complex. *Mining Equipment and Electromechanics*. 2011, no. 9, pp. 2–10. [In Russ].
12. Vilkul Yu. G., Slobodyanyuk V. K., Maksimov I. I. Theoretical foundations for determining the volume of mining operations when opening deep pits with spiral-shaped. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2007, no. 7, pp. 17–23. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Глебов Игорь Андреевич¹ — младший научный сотрудник,
e-mail: i.glebov@igduran.ru,
ORCID ID: 0000-0003-4436-3594,

Журавлев Артем Геннадиевич¹ — канд. техн. наук,
зав. лабораторией, e-mail: juravlev@igduran.ru,
ORCID ID: 0000-0001-7643-3994,

¹ Институт горного дела Уральского отделения РАН.

Для контактов: Глебов И.А., e-mail: i.glebov@igduran.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*I.A. Glebov*¹, Junior Researcher,

e-mail: i.glebov@igduran.ru,

ORCID ID: 0000-0003-4436-3594,

*A.G. Zhuravlev*¹, Cand. Sci. (Eng.),

Head of Laboratory, e-mail: juravlev@igduran.ru,

ORCID ID: 0000-0001-7643-3994,

¹ Institute of Mining, Ural Branch of Russian Academy of Sciences,

620075, Ekaterinburg, Russia.

Corresponding author: I.A. Glebov, e-mail: i.glebov@igduran.ru.

Получена редакцией 01.11.2021; получена после рецензии 25.02.2022; принята к печати 10.04.2022.

Received by the editors 01.11.2021; received after the review 25.02.2022; accepted for printing 10.04.2022.



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЭКСПОРТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ

(№ 1250/05-22 от 05.04.2022; 6 с.)

*Кузьмина Анастасия Олеговна*¹ – соискатель,

*Гербеева Людмила Юрьевна*¹ – д-р экон. наук, доцент,

*Попов Сергей Михайлович*¹ – д-р экон. наук, e-mail: s.popov@inbox.ru,

¹ Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе .

Современные процессы переоценки ценности добываемых в России углей на международных рынках создали предпосылки для ускорения переориентации потоков угольной продукции на рынки Азиатско-Тихоокеанского региона. Для сохранения роли России на зарубежных рынках угля необходимо создание новой или модернизация уже имеющейся инфраструктуры экспортно-ориентированных угольных компаний (ЭОУК). В новых экономических реалиях угледобывающие компании столкнулись с необходимостью развития инфраструктуры, позволяющей обеспечить рентабельность экспорта углей. С этой целью представлен новый методический подход для оценки вариантности формирования производственно-транспортной инфраструктуры ЭОУК, позволяющий находить рациональные решения с учетом прогнозов и оценок по развитию зарубежных рынков угля.

Ключевые слова: экспортно-ориентированные угледобывающие компании, производственно-транспортная инфраструктура.

METHODOLOGICAL BASES FOR ASSESSING PRODUCTION AND TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF EXPORT-ORIENTED COAL MINING COMPANIES

*A.O. Kuzmina*¹, Applicant; *L.Yu. Gerbeeva*¹, Dr. Sci. (Econ.), Assistant Professor,

*S.M. Popov*¹, Dr. Sci. (Econ.), Assistant Professor, e-mail: s.popov@inbox.ru,

¹ Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University, 117997, Moscow, Russia.

Modern processes of revaluation of the value of coal mined in Russia on international markets have created prerequisites for accelerating the reorientation of coal production flows to the markets of the Asia-Pacific region. In order to preserve Russia's role in foreign coal markets, it is necessary to create a new or modernize the existing infrastructure of export-oriented coal companies (EOCs). In the new economic realities, coal mining companies are faced with the need to develop infrastructure to ensure the profitability of coal exports. To this end, a new methodological approach is presented to assess the variability of the formation of the production and transport infrastructure of the EOCs, which allows finding rational solutions taking into account forecasts and estimates for the development of foreign coal markets.

Key words: export-oriented coal mining companies, production and transport infrastructure.