

Рис. 4. Нагрузочные характеристики канатных анкеров, закрепленных минеральными композициями

в течение 16 сек.

На рис. 4 представлены результаты осредненных нагрузочных характеристик канатных анкеров, закрепленных составами ампул АМК через 0; 3; 6 и 24 часа после закрепления анкеров (1 – нагружение сразу после закрепления двумя ампулами; 2 – нагружение сразу после закрепления тремя ампулами; 3 – нагружение через три часа; 4 – нагружение через сутки; 5 – нагружение через шесть часов; 6 – нагружение через три часа после закрепления ампулами с полизэфирной смолой). Перед испытаниями канатные анкеры предварительно опрессовывались до 12 тс.

Установлено, что характеристика прочности каната К-7 в опытах стабильна. Арматурный канат К-7, соединенный с опорной муфтой из стали 40Х, или из улучшенной стали 40, имеет среднюю прочность 238 и 239 кН, соответственно. При использовании для изготовления муфт стали 40Х, перемещения хвостовика каната с клином

относительно муфты на 1 % меньше, чем при использовании для изготовления муфт из улучшенной стали 40. Коэффициент вариации не превышает 2,7 %. Предельная прочность на разрыв отечественных канатных анкеров уступает канатным анкерам американских производителей на 8 %.

Результаты испытаний подтвердили паспортные характеристики канатов и надежность соединения муфт с канатом посредством клиновой втулки. Закрепление канатного анкера ампулами с полизэфирной смолой или ампулами с минеральной композицией на интервале 960 мм и более равнопрочное. Структура закрепляющей втулки плотная без разрывов сплошности, что обеспечивается наличием проволочно-го шнека на канате.

Конструкция канатного анкера и свойства, закрепляющие составы, обеспечивают надежное закрепление анкера и рекомендованы для промышленного применения.

□ Авторы статьи:

Харитонов

Виталий Геннадьевич

- директор ОАО "Шахта Заречная", аспирант каф. разработки месторождений полезных ископаемых

Ремезов

Анатолий Владимирович

- докт.техн.наук, проф. каф. разработки месторождений полезных ископаемых

**УДК 622. 274.442**

**А.С. Ташкинов, С.Г. Молотилов, О. Б. Кортелев, В. К.Норри**

## РАЗВИТИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

При добыче твёрдых полезных ископаемых открытым способом распространение получили технологические схемы с использованием автомобильного и железнодорожного транспорта. В этих схемах верхние уступы карьера отрабатываются экскаваторами с погрузкой горной массы в средства железнодорожного транспорта и вывозом их во внешний отвал. Эта часть рабочего борта карьера

служит зоной применения железнодорожного транспорта.

Отработку нижних уступов карьера осуществляют экскаваторами с погрузкой вскрышных пород с автосамосвалы, которые транспортируют ее к внутрикарьерным экскаваторным, эстакадным или комбинированным перегрузочным пунктам. На этих пунктах породы перегружаются в средства железнодорожного транспорта и также

вывозятся на внешние отвалы. Эта часть рабочего борта служит зоной применения так называемого комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта.

По мере развития горных работ и создания условий для увеличения глубины ввода железнодорожного транспорта, осуществляется перенос перегрузочных пунктов и начинается новый этап отработки карье-

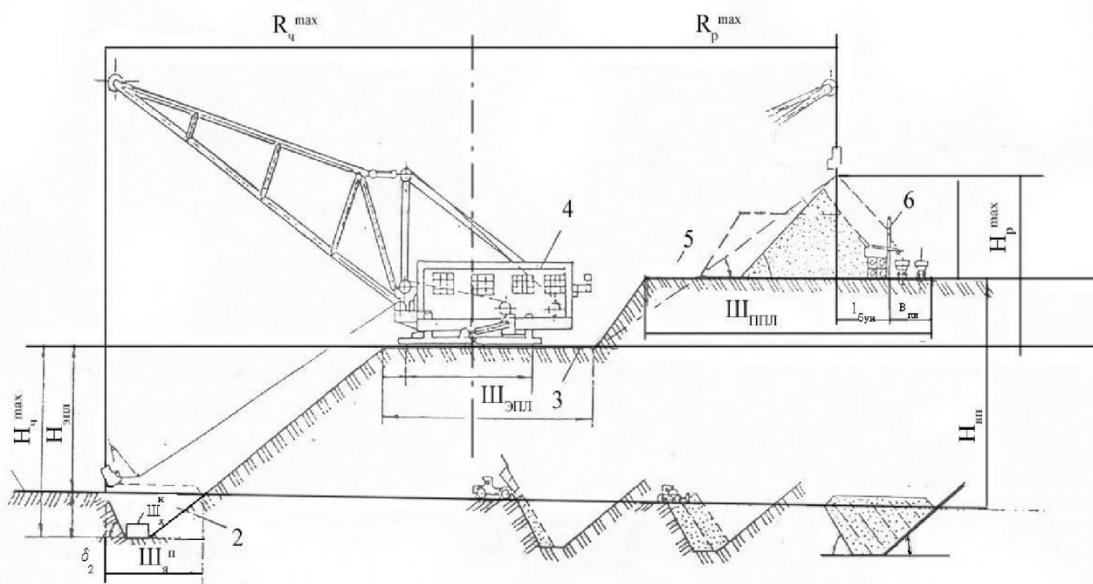


Рис. 1. Принципиальная конструкция экскаваторно-бункерного перегрузочного пункта

ра.

С целью расширения области применения комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта при разработке пологопадающих и наклонных пластовых месторождений нами предложена новая технологическая схема, основанная на использовании мощного экскаватора-драглайна для подъёма вскрышных пород с горизонта разгрузки автосамосвалов на горизонт ввода железнодорожного транспорта

Технологическая схема работы комбинированного транспорта и конструкция экскаваторно-бункерного перегрузочного пункта представлена на рис. 1.

Перегрузочный пункт состоит из разгрузочной площадки для автосамосвалов с отвальным и экскаваторным участками (1), приёмной емкости (2), экскаваторной площадки (3) с размещенным на ней экскаватором-драглайном (4) и погрузочной площадки (5) с бункером и железнодорожными путями (6). Приемная емкость выполнена в виде бункер-ямы трапециевидного сечения, которой придана дугообразная форма в плане.

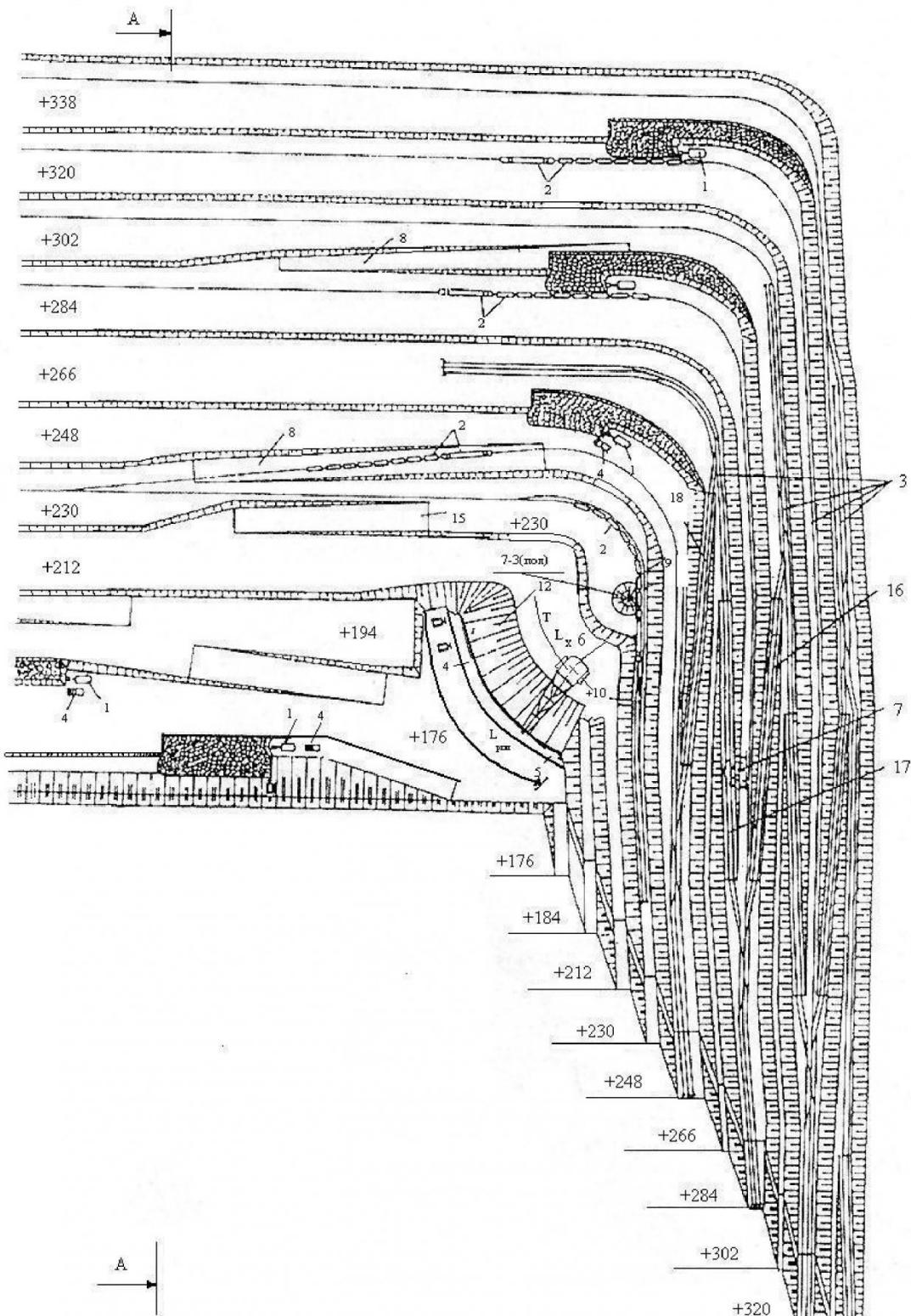
Доставка вскрышных пород с уступов зоны применения комбинированного транспорта к пунктам их перегрузки осуществляется автосамосвалами по скользящим съездам на расположенный в нижней части этой зоны горизонт разгрузки. Складирование пород производится в созданную на этом горизонте приемную емкость, из которой затем экскаватором-драглайном, размещенным в торце карьера на высоте  $H_{q_{pl}}$  породу перемещают в перегрузочный бункер, расположенный выше установки экскаватора на высоте  $H_{an}$ .

На каждом крыле карьерного поля на горизонте разгрузки автосамосвалов создают по одной приемной емкости, а на торцевом борту карьера по одному перегрузочному бункеру с железнодорожными путями (2).

Развитие горных работ в карьере происходит поэтапно с поочередным переносом обоих перегрузочных пунктов. С одной из установок отрабатывают один эксплуатационный этап зоны комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта, высоту которой принимают равной  $2 \cdot H_{an}$ , с учетом отработки уступов, расположенных выше горизонта установки перегрузочного бункера (рис.3).

При разработке пологопадающих месторождений во время нарезки нового горизонта в зоне комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта происходит перевод верхнего уступа на железнодорожный транспорт, а горизонт разгрузки автосамосвалов перемещается от низа зоны к ее середине. Когда понижение горных работ за этап эксплуатации карьера достигнет глубины  $H_{an}$ , начинается перенос перегрузочного пункта на новое место.

Перенос перегрузочного пункта осуществляется за несколько приемов экскаватором-драглайном при одновременной отработке породного целика, на котором он был расположен. В дальнейшем при увеличении глубины ввода в карьер железнодорожного транспорта (на величину  $H_{an}$ ), горизонт разгрузки автосамосвалов располагается внизу зоны применения комбинированного транспорта, а горизонт установки перегрузочного бункера – на ее середине. После выполнения этих работ начинается отработка нового этапа эксплуатации карьера.



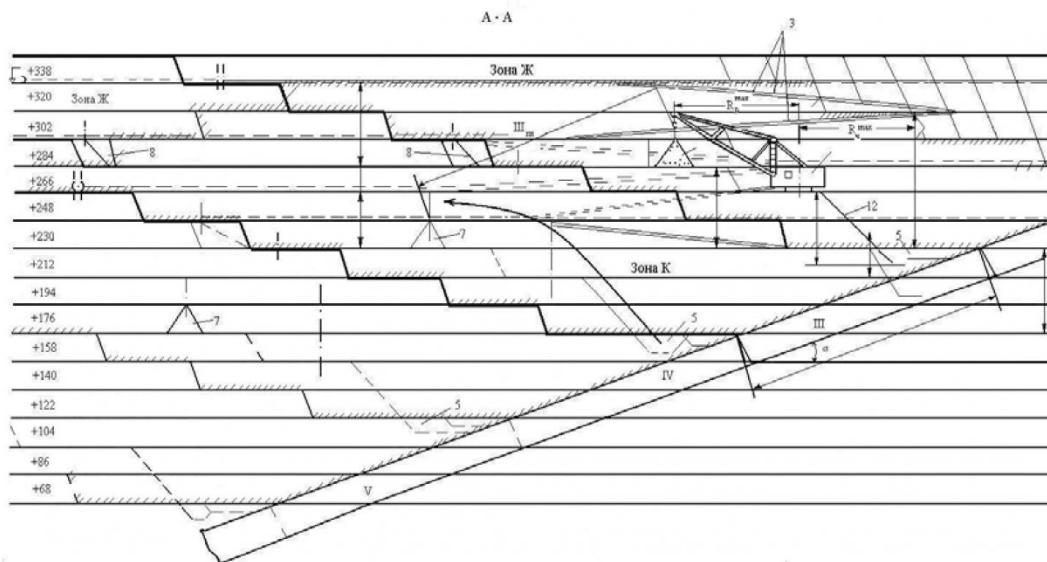


Рис. 3. Положение горных работ по этапам эксплуатации карьера при постоянной высоте зоны применения комбинированного транспорта (см. рис. 2 профиль А - А)

экскаватора с емкостью ковша 20 – 65 м<sup>3</sup> для его производительной работы наиболее подходит работающий под завалом вскрышных пород вибробункер по свидетельству на полезную модель № 13666 (опубл. в БИ № 13, 2000).

В процессе работы этого вибробункера в навале вскрышных пород образуется приемная воронка сравнительно большой емкости. Установлена зависимость геометрической емкости приемной воронки вибробункера от высоты  $h_b$  навала вскрышных пород. При высоте навала вскрышных пород  $h_b = 24$  м и загрузке думпкара с одной его стоянки вибропитателями длиной 7 м, ее геометрическая емкость составляет 1600 м<sup>3</sup>, а вместимость – 2600 т (при плотности вскрышных пород 2,3 т/м<sup>3</sup>), что равно грузоподъемности 2–4 локомотивосоставов 2 при руководящем уклоне  $i_p = 40 - 60^{\circ}/\text{oo}$ .

Находят по известным зависимостям длину одного разгрузочного места  $L_{pm}$  и его ширину, являющуюся одновременно и шириной разгрузочной площадки  $W_{pm}$  для принятой модели автосамосвалов 4 и схемы их маневрирования. Затем из условия

$$V_p^a \geq Q_{\text{экс}}^{\text{час}},$$

где  $V_p^a$  – приемная способность разгрузочной площадки на отвальном участке, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{\text{экс}}^{\text{час}}$  – часовая производительность применяемой модели экскаватора-драглайна 6, м<sup>3</sup>/ч; определяют длину фронта разгрузки  $L_{pa3}^{\text{раз}}$  автосамосвалов 4, являющуюся длиной отвального участка, и общую длину  $L_{pm} = 2L_{pa3}^{\text{раз}} + L_{pm}$ .

При применении автосамосвалов 4 марки БелАЗ-7519 –  $L_{pm} = 245$  м,  $W_{pm} = 35$  м.

Устанавливают минимальную глубину  $h_{ya}^{\min}$ , приемной емкости (бункер-ямы) 5, при известных значениях величин  $L_{pm}$  и  $W_{pm}$  из условия  $V_{ya} = 3Q_{\text{экс}}^{\text{час}} m_{\text{час}}$ , где  $V_{ya}$  – объем приемной емкости 5 м<sup>3</sup>;

$m_{\text{час}}$  – продолжительность смены, ч.

В рассматриваемом примере  $h_{ya}^{\min} = 11,5$  м.

Значение  $H_{ba}$  определяют из выражения:

$$H_{ba} = H_q^{\max} + H_p^{\max} - h_b - h_{ya} \quad (1)$$

где  $H_q^{\max}$  – наибольшая глубина черпания экскаватора-

драглайна, м;

$H_p^{\max}$  – наибольшая высота его разгрузки, м;

$h_b$  – высота навала вскрышных пород перегрузочного бункера, м;

$h_{ya}$  – глубина приемной емкости, м.

При определении высоты  $H_{ba}$  ее величину принимают равной суммарной высоте целого ряда уступов путем варьирования значения величин  $h_b$  и  $h_{ya}$  в пределах:

$$h_b^{\min} \leq h_b$$

и

$$h_{ya}^{\min} \leq h_{ya} \leq h_{ya}^{\max}, \quad (2)$$

где  $h_b^{\min}$  – минимальная высота перегрузочного бункера, величину которой устанавливают из условия размещения в бункере вскрышных пород не менее, чем на два локомотивосостава, м;

$h_{ya}^{\min}$  – минимальная глубина приемной емкости, величину которой устанавливают из условия размещения в приемной емкости вскрышных пород не менее, чем на три смены работы экскаватора-драглайна, м;

$h_{ya}^{\max}$  – максимальная глубина приемной емкости, величину которой определяют из

выражения:

$$h_{\text{я}}^{\max} = [R_{\text{я}}^{\max} - 0.5B_{ob} - B_{\delta} - H_{\text{у}}^{\max} \operatorname{ctg} \delta_1 - W_{\text{я}}^a] / \operatorname{ctg} \delta_2 \quad (3)$$

где  $R_{\text{у}}^{\max}$  - наибольший радиус черпания экскаватора-драглайна, м;

$B_{ob}$  - длина опорной базы экскаватора-драглайна, м;

$B_{\delta}$  - берма безопасности, м;

$\delta_1$  - угол откоса экскаваторного уступа, град.;

$W_{\text{я}}^a$  - ширина приемной емкости понизу, принятая равной длине  $I_k$  ковша экскаватора-драглайна, м;

$\delta_2$  - угол откоса борта приемной емкости со стороны заглубления в нее ковша экскаватора-драглайна (рис. 1), град,

На каждом крыле карьерного поля на горизонте разгрузки автосамосвалов сооружают по одной указанной приемной емкости и на торцовом борту карьера по одному указанному перегрузочному бункеру с погрузочными путями, которые вместе с экскаватором-драглайном являются основными элементами перегрузочного пункта. Поэтапное развитие горных работ в карьере связывают с периодическим и поочередным переносом обоих перегрузочных пунктов на крыльях карьерного поля.

С одной их установки отрабатывают один этап эксплуатации зоны применения комбинированного транспорта, высоту которой принимают равной  $2H_{\text{ен}}$ , в том числе за счет отработки уступов, расположенных выше горизонта установки перегрузочного бункера, и сохраняют постоянной в течение всего периода отработки карьера путем перевода верхнего уступа на железнодорожный транспорт во время нарезки каждого нового горизонта.

Тем самым горизонт разгрузки автосамосвалов перемещается с низа зоны применения комбинированного транспорта к ее середине, и, когда понижение

горных работ за этап эксплуатации карьера достигнет глубины  $H_{\text{ен}}$ , начинают перенос перегрузочного пункта на новое место с шагом  $W_{\text{нн}}$ , величину которого определяют из выражений:

$$W_{\text{нн}}^1 = H_{\text{ен}} \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}, \text{ м; (4)}$$

$$W_{\text{нн}}^{11} = \left( I + \frac{H_{\text{ен}}}{H_y} \right) \times \\ \times (B_c + H_y \cdot \operatorname{ctg} \omega) + I_{\text{бун}}, \quad (5)$$

где  $W_{\text{нн}}^1$  и  $W_{\text{нн}}^{11}$  - величина шага переноса перегрузочного пункта на крыле карьерного поля соответственно по падению и простирианию месторождения относительно его положения на начало отработки этапа эксплуатации карьера, м;

$\alpha$  - средний угол падения пласта полезного ископаемого на крыле карьерного поля в пределах одного эксплуатационного этапа карьера, град;

$H_y$  - высота уступа, м;

$B_c$  - ширина железнодорожного съезда, м;

$\omega$  - угол устойчивого откоса, град;

$I_{\text{бун}}$  - расстояние от центра навала вскрышных пород перегрузочного бункера до транспортной полосы, м.

Одновременно с переносом перегрузочного пункта осуществляют отработку породного целика от его предыдущего положения и понижение на величину  $H_{\text{ен}}$  глубины ввода в карьер железнодорожного транспорта, размещая горизонт разгрузки автосамосвалов внизу зоны применения комбинированного транспорта, а горизонт установки перегрузочного бункера - на ее середине, и после выполнения этих работ начинают отработку нового этапа эксплуатации карьера.

Предлагаемая технологическая схема с использованием комбинированного транспорта обладает следующими преимуществами.

1. Доставка вскрышных пород из зоны применения комбинированного транспорта авто-

самосвалами напрямую по скользящим съездам на нижний горизонт и разгрузка их в созданную на этом горизонте приемную емкость обеспечивает благоприятный режим эксплуатации автомобильного транспорта вследствие движения груженых автосамосвалов «сверху-вниз» вместо существующего «снизу-вверх», что позволяет при одной и той же мощности двигателей значительно (в 2 – 3 раза) увеличить грузоподъемность самосвалов и сократить (в 1,2 – 1,4 раза) время их рейса за счет увеличения скорости движения и сокращения расстояния транспортирования по рабочему борту карьера, а также позволяет значительно увеличить руководящий уклон скользящих съездов (до 150 и более  $^{\circ}$ ), что сокращает объем горно-подготовительных работ по их строительству и переносу.

2. Въемка вскрышных пород из приемной емкости и перемещение их экскаватором-драглайном в бункер, расположенный на высоте  $H_{\text{ен}}$ , значительно (на 70 – 80%) сокращает расстояние транспортирования пород автосамосвалом на участке подъема их с грузом к ПП.

3. Наличие на стыке автомобильного и экскаваторного технологических звеньев приемной емкости, созданной на горизонте разгрузки автосамосвалов, а на стыке экскаваторного и железнодорожного технологических звеньев ПБ, расположенного на высоте  $H_{\text{ен}}$ , при вышеуказанных объемах емкостей, обеспечивает непрерывную работу рассматриваемой технологической цепи и устраняет жесткую взаимосвязь конструктивных параметров используемого в этой цепи горного и транспортного оборудования, что исключает его простой из-за регламентированных перерывов в работе смежных технологических звеньев и позволяет применять в данной цепи экскаваторы-драглайны с емкостью ковша  $20 \text{ м}^3$  и более

при любых моделях транспортного оборудования.

4. Сооружение на каждом крыле карьерного поля по одному экскаваторно-перегрузочному ПП позволяет максимально приблизить эти пункты к рабочей зоне карьера и к расположенной на торцовом борту стационарной железнодорожной трассе и тем самым сократить расстояние транспортирования как автомобильным, так и железнодорожным транспортом.

5. Поэтапное развитие горных работ в карьере с периодическим и поочередным переносом обоих перегрузочных пунктов позволяет иметь в карьере постоянно действующий фронт разгрузки автосамосвалов, транспортируя вскрышные породы со всех уступов зоны комбинированного транспорта к работающему перегрузочному пункту во время переноса другого на рабочее место.

6. Выбор высоты зоны применения комбинированного транспорта, равной  $2H_{an}$ , в том числе за счет отработки уступов, расположенных выше горизонта установки ПБ и сохранение ее постоянной в течение всего периода эксплуатации карьера путем перевода верхнего уступа на железнодорожный транспорт во время нарезки каждого нового горизонта, перемещая тем самым горизонт разгрузки автосамосвалов с низа зоны применения комбинированного транспорта к ее середине, позволяет отрабатывать с одной установки перегрузочного пункта значительные объемы вскрышных пород (более 100 млн. м<sup>3</sup> при длине карьера 4 км) при сохранении в оптимальных пределах расстояния транспортирования автосамосвалами (1,2 – 1,4 км).

□ Авторы статьи:

Ташкинов

Александр Сергеевич

- докт. техн. наук, проф., зав. каф. разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом

7. Понижение горных работ за один этап эксплуатации карьера на глубину  $H_{an}$  обеспечивает необходимое развитие карьерного пространства для понижения на эту же величину глубины ввода в карьер железнодорожного транспорта и переноса перегрузочного пункта на новое место.

8. Одновременно выполнение работ по переносу перегрузочного пункта и отработке породного целика, на котором он был расположен, от его предыдущего положения и понижения глубины ввода в карьер железнодорожного транспорта на величину  $H_{an}$  с размещением горизонта разгрузки автосамосвалов внизу зоны применения комбинированного транспорта, а горизонта установки перегрузочного пункта на ее середине, позволяет значительно сократить перерыв в работе перегрузочного пункта и перейти к отработке следующего этапа эксплуатации карьера.

9. Непосредственная разгрузка автосамосвалов в ПБ с примыкающей к нему разгрузочной площадки во время ремонта экскаватора-драглайна позволяет увеличить на 30 – 40% объем вскрышных пород, перегружаемых на этом перегрузочном пункте за год, за счет увеличения продолжительности его работы на 20 – 26% и пропускной способности на 50 – 55%.

10. Выполнение перегрузочного пункта в виде пункта подъема и перегрузки вскрышных пород при размещении разгрузочной площадки на расположенной в нижней части зоны применения комбинированного транспорта горизонте разгрузки автосамосвалов, а экскаваторной площадки на торцовом бор-

ту карьера выше этого горизонта – на высоте  $H_{эпл}$ , определяемой из выражения 1, а погрузочной площадки ПБ на максимальной высоте и тем самым расширить функциональные возможности перегрузочного пункта, осуществляя им подъем и перегрузку вскрышных пород, реализуя основное преимущество предлагаемого способа открытой разработки месторождений полезных ископаемых с применением комбинированного транспорта.

11. Выполнение приемной емкости в виде дугообразной бункер-ямы трапециевидного сечения, пройденной между разгрузочной площадкой и откосом уступа, на котором размещена экскаваторная площадка, обеспечивает необходимые условия для производительной работы экскаватора-драглайна и позволяет производить выемку вскрышных пород из бункер-ямы длиной более 200 м. Разделение длины бункер-ямы на экскаваторный и отвальный участки с попаременным изменением их технологического назначения в процессе эксплуатации перегрузочного пункта обеспечивает независимую и безопасную работу применяемого оборудования на разгрузочной площадке и бункер-яме.

12. Выполнение ПБ в виде работающего под завалом вскрышных пород вибробункера позволяет применять экскаватор-драглайн практически с любой емкостью ковша и сокращает время погрузки локомотивосостава за счет наличия в приемной воронке значительного объема вскрышных пород и более быстрой погрузки ее в думпкар с одной его установки.

Кортелев

Олег Борисович

- докт. техн. наук, ст. научн. сотр., ведущий научн. сотр. лаборатории открытой геотехнологии ИГД СО РАН

Молотилов

Сергей Георгиевич

- ст. научн. сотр. лаборатории открытой геотехнологии ИГД СО РАН

Норри

Виктор Карлович

-ст. научн. сотр. лаборатории открытой геотехнологии ИГД СО РАН