

УДК 622.271

В.Г. ПШЕНИЧНЫЙ, ГП «ГПИ «Кривбаспроект»

Н.Н. ПЫЖИК, канд. техн. наук, доц., Криворожский национальный университет

ТЕХНОЛОГИЯ ВНУТРЕННЕГО ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ С ФОРМИРОВАНИЕМ ВРЕМЕННОГО ВНУТРЕННЕГО ОТВАЛА

Предложена новая технология внутреннего отвалообразования с формированием временного внутреннего отвала до достижения карьером конечной глубины при разработке крутопадающих месторождений. Перемещение временного внутреннего отвала предусматривается по бестранспортной или комбинированной схемам. Определена область применения предложенной технологии.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Внутреннее отвалообразование в карьере позволяет в 3-5 раз сократить расстояние транспортирования вскрышных пород автомобильным транспортом, повысить устойчивость пригруженных бортов карьера, отказаться от систематического нарушения земельных площадей внешними отвалами. Кроме этого, частичная засыпка карьера упрощает и уменьшает затраты на последующую рекультивацию.

Анализ исследований и публикаций. Все технологии разработки карьера с внутренним отвалообразованием можно разделить на два основных направления: с формированием постоянного внутреннего отвала; с формированием временного внутреннего отвала, и последующей его переэкскавацией до формирования постоянного внутреннего отвала.

Существует несколько групп технологий внутреннего отвалообразования с формированием временного внутреннего отвала: разработка месторождения блоками с внутренним отвалообразованием [1-3]; разработка месторождения этапами с внутренним отвалообразованием [4-8]; другие технологии внутреннего отвалообразования с формированием временного внутреннего отвала [9].

При многократном перемещении временного внутреннего отвала транспортным способом возрастает суммарное расстояние транспортирования вскрышных пород, поэтому разработка технологии внутреннего отвалообразования с перемещением вскрышных пород временного внутреннего отвала бестранспортным способом по кратчайшему расстоянию является актуальной задачей.

Постановка задачи. Задачей данной статьи является разработка технологии внутреннего отвалообразования с формированием временного внутреннего отвала и переэкскавацией его драглайнами, а также определение области применения предлагаемой технологии внутреннего отвалообразования.

Изложение материала и результатов. Предлагаемая технология внутреннего отвалообразования предусматривает формирование временного внутреннего отвала с экономически целесообразной и технологически возможной глубины.

Режим горных работ при применении технологии внутреннего отвалообразования с формированием временного внутреннего отвала состоит из этапов. Первый этап включает подготовку площадки под отвал, ведение горных работ в направлении второго этапа и формирование временного внутреннего отвала. Каждый последующий этап включает углубку горных работ в направлении с меньшим коэффициентом вскрыши, подготовку площадки для начала формирования внутреннего отвала, внутреннее отвалообразование с переэкскавацией внутреннего отвала предыдущего этапа (рис. 1).

Исследованиями установлено, что технология внутреннего отвалообразования с формированием временного внутреннего отвала влияет на режим добычных и вскрышных работ, что проявляется в необходимости создания площадок в карьере для размещения временного внутреннего отвала на каждом этапе внутреннего отвалообразования, и ведении горных работ в направлении следующего этапа внутреннего отвалообразования.

Оптимальное направление углубки карьера при применении технологии внутреннего отвалообразования с формированием временного внутреннего отвала должно определяться с учетом проектной производительности карьера по полезному ископаемому.

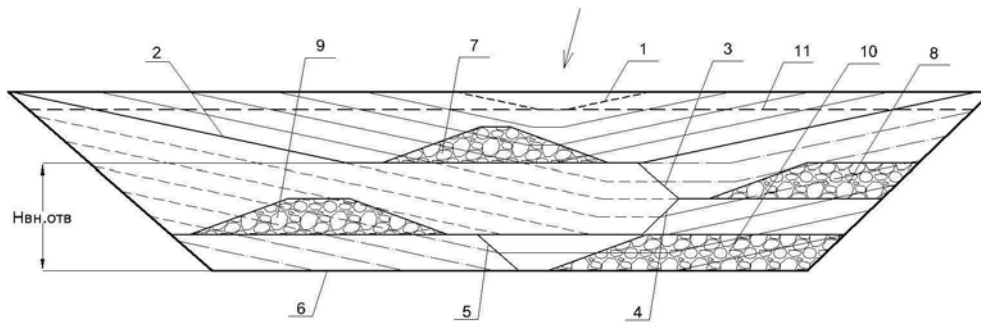


Рис. 1. Схема ведення горних робіт в кар'єрі етапами з внутрішнім отвалообразованием при $\varphi = \varphi_{\max}$ (показан продольний розріз умовного кар'єру): 1 - контур ГКР; 2 - контур кар'єру I етапу; 3 - контур кар'єру II етапу; 4 - контур кар'єру III етапу; 5 - контур кар'єру IV етапу; 6 - контур кар'єру V етапу; 7 - временний внутрішній отвал (I етап); 8 - временний внутрішній отвал (II етап); 9 - временний внутрішній отвал (III етап); 10 - постійний внутрішній отвал (IV і V етапи); 11 - контур залежи по простиранию.

В результаті виконаних досліджень встановлено, що для підтримання проектної продуктивності кар'єру по руді, формування временного внутрішнього отвала необхідно здійснювати при досягненні глибини кар'єру, при якій забезпечується достатнє кількість рудних фронтів з урахуванням їх вибиття в зв'язі з формуванням внутрішнього отвала.

Временний внутрішній отвал формується одноярусним або многоярусним, в залежності від застосованого способу його переэкскавации: одноярусним - при переэкскавации временного внутрішнього отвала тільки безтранспортним способом з використанням драглайнів; многоярусним - при використанні комбінованого способу переэкскавации (транспортного і безтранспортного).

Предлагаемая технологія внутрішнього отвалообразования з формуванням временного внутрішнього отвала заключається в наступому [10].

При досягненні кар'єром глибини, починаючи з якої буде економічно вигідно формування внутрішнього отвала з урахуванням його послідовного переміщення на нижні горизонти до кінцевої глибини кар'єру, здійснюють постановку в місці формування временного внутрішнього отвала во временно нерабочее або кінцеве положення участку бортов, які розташовані вкрест простирания залежи (рис. 2).

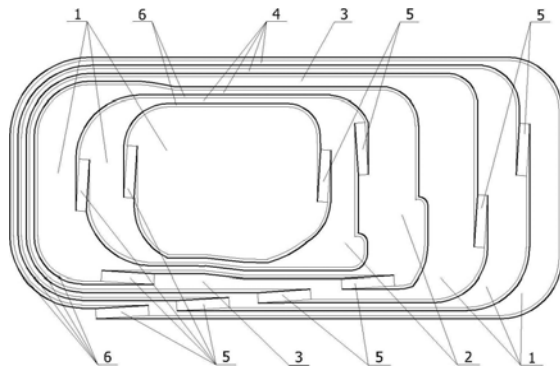


Рис. 2. План кар'єру на момент початку внутрішнього отвалообразования: 1 - площадка уступа; 2 - рабочая площадка; 3 - транспортная берма; 4 - предохранительная берма; 5 - съезд; 6 - уступ

На горизонті, з якого буде здійснюватися отсыпка отвала, з обох бортових територій залишають транспортні берми. Далі між цими територіями починається формування временного внутрішнього отвала.

Транспортні берми на обох бортах залишають до моменту формування временного внутрішнього отвала, після чого залишають одну транспортну берму.

Формування временного внутрішнього отвала, здійснюють бульдозерним способом з протилежних бортових територій кар'єру, що дозволяє збільшити фронт отвальних робіт.

Временний внутрішній отвал формується в один ярус.

Высота внутрішнього отвала приймається кратній висоті уступа.

При цьому, висота яруса не повинна перевищувати максимальну глибину черпанія драглайнів, а також максимально допустимую висоту яруса, розраховану по стійкості порід отвала (рис. 3).

При веденні горних робіт в кар'єрі, а також для забезпечення необхідної продуктивності по корисному копалині, може виникнути необхідність в переміщенні временного внутрішнього отвала в горизонтальному напрямку, а при углубке горних робіт необхідно переміщення временного внутрішнього отвала на нижні горизонти.

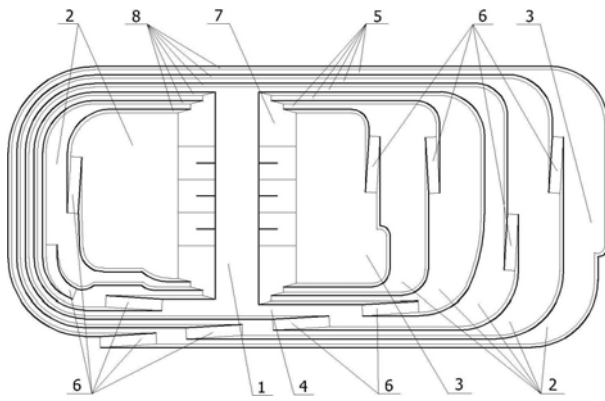


Рис. 3. План карьера с временным внутренним отвалом в период эксплуатации: 1 - отвальная площадка; 2 - площадка уступа; 3 - рабочая площадка; 4 - транспортная берма; 5 - предохранительная берма; 6 – съезд; 7 - временный внутренний отвал; 8 - уступ

Перемещение временного внутреннего отвала как в горизонтальном направлении, так и на нижние горизонты, осуществляют драглайнами по простой или усложненной бестранспортной схеме отвальными заходками шириной A_3 .

Для обеспечения равномерного подвигания отвального фронта, а также для обеспечения полного использования рабочих параметров драглайнов, необходимо использование драглайнов одного типоразмера. Для достижения максимальной ширины отвала в отсыпанном виде рекомендуется использовать драглайны с увеличенными рабочими параметрами. Ширину заходок A_3 принимают в зависимости от типоразмера драглайнов и возможно меньшей (с обеспечением нормального набора ковшем горной массы) - для обеспечения большей ширины отвала и необходимой ширины бермы безопасности. Угол откоса яруса отвала β принимается равным углу естественного откоса пород отвала.

Перемещение временного внутреннего отвала в горизонтальном направлении по простой бестранспортной схеме (рис. 4) осуществляют до момента достижения ширины отвальной площадки равной

$$Ш_{o,n} = R_{ч1(2)}^{max} + R_{р1(2)}^{max} - A_3 - H_o \cdot ctg \beta$$

где $R_{ч1(2)}^{max}$ - максимальный радиус черпания драглайна №1 (№2), м; $R_{р1(2)}^{max}$ - максимальный радиус разгрузки драглайна №1 (№2), м; A_3 - ширина заходки драглайна, м; H_o - высота отвала, м; β — угол откоса яруса отвала, град.

Дальнейшее перемещение временного внутреннего отвала в горизонтальном направлении осуществляют по усложненной бестранспортной схеме двумя драглайнами (рис. 5).

Перемещение временного внутреннего отвала в горизонтальном направлении по схеме, изображенной на рис. 5, осуществляют до момента достижения ширины отвальной площадки равной

$$Ш_{o,n} = R_{ч1}^{max} + R_{р1}^{max} + R_{ч2}^{max} + R_{р2}^{max} - A_3 - H_o \cdot ctg \beta - \sqrt{A_3 \cdot H_o \cdot ctg \beta},$$

где $R_{ч1}^{max}$, $R_{ч2}^{max}$ - максимальный радиус черпания соответственно первого и второго драглайнов, м; $R_{р1}^{max}$, $R_{р2}^{max}$ - максимальный радиус разгрузки соответственно первого и второго драглайнов.

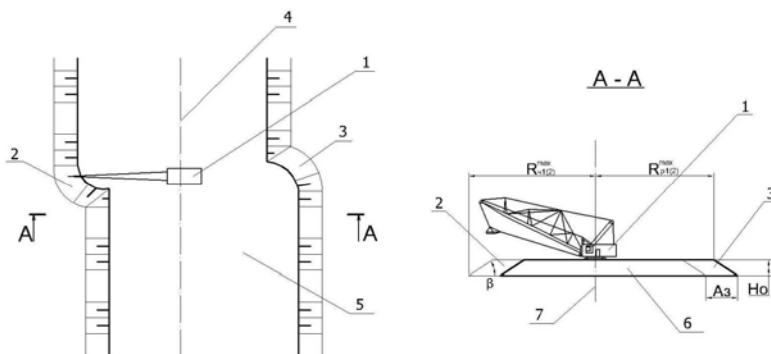


Рис. 4. Схема перемещения временного внутреннего отвала в горизонтальном направлении одним драглайном: 1 - драглайн № 1; 2 - отвальная заходка №1; 3 - отвальная заходка № 2; 4 - продольная ось драглайна; 5 - отвальная площадка; 6 - временный внутренний отвал; 7 - ось вращения драглайна

Перемещение временного внутреннего отвала на нижние горизонты начинают осуществлять по схеме, изображенной на рис. 6.

При этом, между временным внутренним отвалом и верхней бровкой временно нерабочего

борта оставляют отвальную берму B , ширина которой определяется в зависимости от высоты временного внутреннего отвала.

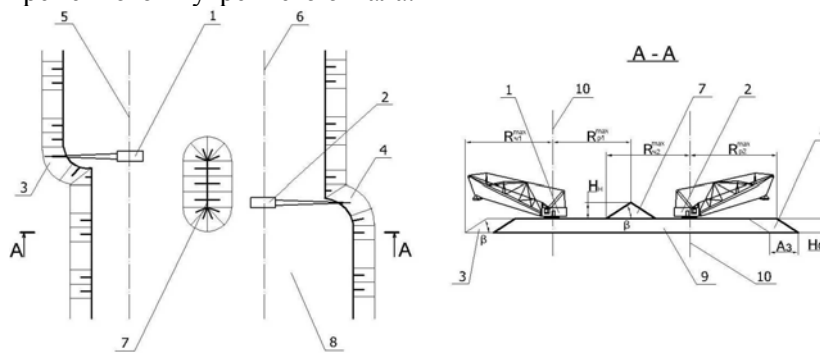


Рис. 5. Схема перемещения временного внутреннего отвала в горизонтальном направлении двумя драглайнами: 1 – драглайн №1; 2 – драглайн №2; 3 – отвальная заходка драглайна №1; 4 – отвальная заходка драглайна №2; 5 – продольная ось драглайна №1; 6 – продольная ось драглайна №2; 7 – навал; 8 – отвальная площадка; 9 – временный внутренний отвал; 10 – ось вращения драглайна

Дальнейшее перемещение временного внутреннего отвала на нижние горизонты осуществляют по схеме, изображенной на рис. 7.

В связи с тем, что себестоимость экскавации вскрышных пород драглайнами в 2-3 раза выше, чем экскавация механическими лопатами, а также учитывая разное количество технологических процессов при транспортном и бестранспортных способах, возникает задача определения при каких условиях использование предложенного способа перемещения временных внутренних отвалов является рациональным.

Перемещение временного внутреннего отвала транспортным способом включает экскавацию пород внутреннего отвала экскаватором, погрузку пород в автосамосвалы, транспортирование пород внутреннего отвала автосамосвалами к месту формирования отвала, бульдозерное отвалообразование.

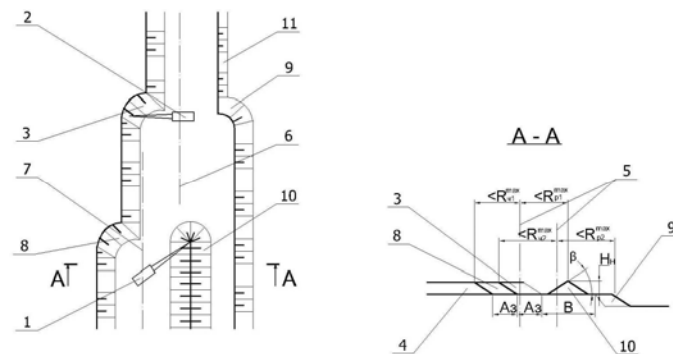


Рис. 6. Схема перемещения временного внутреннего отвала на нижние горизонты по простой бестранспортной схеме: 1 - драглайн № 1; 2 - драглайн № 2; 3 - отвальная заходка №1 драглайна № 2; 4 - временный внутренний отвал; 5 - оси вращения драглайнов; 6 - продольная ось драглайна №2; 7 - продольная ось драглайна №1; 8 - отвальная заходка №1 драглайна №1; 9 - отвальная заходка №2 драглайна №2; 10 - навал; 11 - временно нерабочий борт

ла осуществляется бестранспортным способом драглайнами.

В предложенной технологии перемещение временного внутреннего отвала

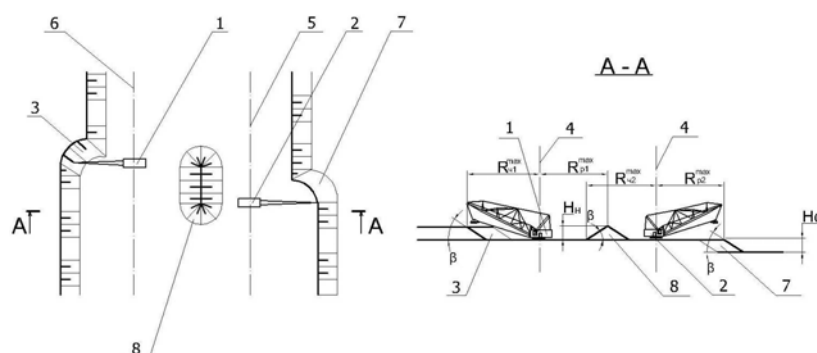


Рис. 7. Схема перемещения временного внутреннего отвала на нижние горизонты по усложненной бестранспортной схеме: 1 - драглайн № 1; 2 - драглайн № 2; 3 - отвальная заходка драглайна №1; 4 – оси вращения драглайнов; 5 - продольная ось драглайна №2; 6 - продольная ось драглайна №1; 7 - отвальная заходка драглайна №2; 8 – навал

Перемещение пород временного внутреннего отвала осуществляется драглайнами по кратчайшему расстоянию, в то время как расстояние транспортирования пород автосамосвалами по транспортным бермам, уклон которых не более 80 ‰, может составлять 2-3 км и более, в зависимости от транспортной схемы карьера.

Таким образом, для определения области применения предложенного способа, необходимо определение расстояния транспортирования автосамосвалами вскрышных пород во внутренний отвал, при котором себестоимость перемещения временного внутреннего отвала по транспортному и бестранспортному способам будут равными.

Себестоимость перемещения 1 м³ пород временного внутреннего отвала транспортным способом составляет

$$C_{mp} = c_{экс} + c_a \cdot \gamma \cdot l_{mp} + c_b \quad (1)$$

где $c_{экс}$ - себестоимость экскавации 1 м³ пород отвала, грн/м³; c_a - себестоимость транспортирования 1 т пород отвала на 1 км, грн/ткм; γ - плотность пород отвала, т/м³; l_{mp} - расстояние транспортирования пород отвала, км; c_b - себестоимость бульдозерного отвалообразования 1 м³ пород отвала, грн/м³.

Себестоимость перемещения 1 м³ пород временного внутреннего отвала бестранспортным способом составляет

$$C_{бестр} = c_d \cdot N_{пер} \quad (2)$$

где c_d - себестоимость переэкскавации 1 м³ пород отвала драглайном при угле поворота драглайна 180 °; $N_{пер}$ - количество переэкскаваций пород отвала.

Используя формулы (1-2), получим расстояние транспортирования автосамосвалами пород отвала, при котором себестоимости перемещения временного внутреннего отвала транспортным и бестранспортным способами будут равны

$$l_{mp} = \frac{c_d \cdot N_{пер} - c_{экс} - c_b}{c_a \cdot \gamma} \quad (3)$$

При использовании драглайна ЭШ-10/70 ($c_d=15,3$ грн/м³), ЭКГ-10 ($c_{экс}=5,5$ грн/м³), автосамосвалов грузоподъемностью 120 т ($c_a=2,1$ грн/ткм), бульдозеров САТ-D9R, плотности пород отвала $\gamma = 2,5$ т/м³ и $N_{пер} = 1$ рациональное расстояние транспортирования вскрышных пород временного внутреннего отвала по формуле (3) составит

$$l_{mp} = \frac{15,3 \cdot 1 - 5,5 - 4,1}{2,1 \cdot 2,5} = 1,1 \text{ км}$$

при $N_{пер} = 2$

$$l_{mp} = \frac{15,3 \cdot 2 - 5,5 - 4,1}{2,1 \cdot 2,5} = 4 \text{ км}$$

Выводы и направление дальнейших исследований. Таким образом, предложена новая технология разработки крутопадающих месторождений с формированием временного внутреннего отвала с последующей его переэкскавацией по бестранспортной либо комбинированной схемам.

Определено, что при превышении экономически обоснованного предельного расстояния транспортирования автосамосвалами пород временного внутреннего отвала, их перемещение целесообразно осуществлять драглайнами.

Список литературы

1. Рутковский Б.Т. Блоковый способ отработки карьерных полей с большим простираем // Разработка угольных месторождений открытым способом. – Кемерово, 1972. – Вып. 1. – С. 82 - 87.
2. Способ открытой разработки крутопадающих месторождений полезных ископаемых: А. с. 337516 СССР, МКИЗ Е 21 С 41 / 00 / Б.Т. Рутковский. – Опубл. 05.05.72., Бюл. № 15.
3. Способ открытой разработки крутопадающих месторождений при отработке глубоких горизонтов карьера: А. с. 968402 СССР, МКИЗ Е 21 С 41 / 00 / В.Ф. Бызов, В.Н. Романенко. – Опубл. 23.10.82., Бюл. № 39.
4. Шапарь А.Г., Лашко В.Т., Романенко А.В. и др. Основные положения новой технологии разработки крутопадающих месторождений с внутренним отвалообразованием // Разработка рудных месторождений. – 1988. – Вып. 45. – С. 3 - 6.
5. Положення про проектування внутрішнього відвалоутворення та складування відходів виробництва в залізничних і флюсових кар'єрах. – Дніпропетровськ: Мінерал, 2004. – 50 с.
6. Технология разработки с внутренним отвалообразованием для крутопадающих месторождений / Шапарь А.Г., Лашко В.Т., Романенко А.В. и др. – Днепропетровск: Облполиграфиздат, 1987. – 4 с.
7. Способ открытой разработки крутопадающих месторождений: А. с. 1155755 СССР, МКИЗ Е 21 С 41 / 00 / А.Г. Шапарь, В.Т. Лашко, А.В. Романенко и др. – Опубл. 15.05.85, Бюл. № 18.
8. Романенко А.В. Обоснование основных параметров технологии разработки крутопадающих месторождений с внутренним отвалообразованием, обеспечивающей снижение землеемкости производства: Автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук: 05.15.03 / Днепропетровский горный ин-т им Артема. – Днепропетровск, 1989. – 17 с.
9. Просандеев Н.И. Определение основных параметров внутренних отвалов // Разработка рудных месторождений. – 1982. – Вып. 33. – С. 81 - 88.
10. Патент на корисну модель України № 44540. Спосіб відкритої розробки крутоспадних родовищ корисних копалин з внутрішнім відвалоутворенням / Пшеничний В.Г., Пижик М.М. – 2009. – Бюл. №19.

Рукопись поступила в редакцию 23.03.14