

ЛИКВИДАЦИЯ ВСКРЫШНОГО ОТСТАВАНИЯ ПРИ ПОДХОДЕ ГОРНЫХ РАБОТ К ПРЕДЕЛЬНОМУ ПОВЕРХНОСТНОМУ КОНТУРУ КАРЬЕРА

С.К. Молдабаев, Satbayev University, Республика Казахстан

Исследования выполнены на цифровой модели крутопадающего месторождения с мощной толщей наносов (карьерном поле округлой формы). Результаты предпроектных проработок показывают целесообразность расконсервации временно нерабочего борта карьера при подходе горных работ к его предельному контуру по предложенной технологии отработки уступов как продольными, так и поперечными панелями без выделения отдельных участков в карьерном поле. Высокопроизводительное использование экскаваторно-автомобильных комплексов компенсирует пиковые объемы вскрыши с сохранением проектной добычи руды.

В период экономического спада на многих карьерах с целью уменьшения объемов работ по вскрытию добываемого полезного ископаемого применяли известный из теории и практики прием временного приостановления горных работ на отдельных участках вскрышной зоны [1-3]. Одним из негативных последствий его является уменьшение проектной производственной мощности на этих карьерах, что зачастую приводит к снижению их конкурентоспособности. Для увеличения их производительности недропользователям приходится привлекать немалые дополнительные ресурсы и инвестиции.

Исследованиям по открытой разработке крутопадающих железорудных месторождений крутонаклонными слоями посвящено достаточно много работ [4-10]. Однако они в основном затрагивают карьерные поля вытянутой формы.

На данный момент верхняя зона рыхлых пород исследуемого карьера обрабатывается с использованием железнодорожного транспорта, а коренные крепкие породы скальной вскрыши и руда – комбинированным автомобильно-железнодорожным транспортом. По проекту конечная глубина карьера составит 760 м. Горные работы уже достигли глубины 375 м.

В процессе подготовки рабочих чертежей по апробации интенсивного развития рабочей зоны вдоль крутого борта ниже границы применения железнодорожного транспорта установлено, что одним из сдерживающих факторов выемки пород скальной вскрыши и добычи руды является проблема обеспечения грузотранспортной связи между забоями и перегрузочными пунктами. На некоторых горизонтах возникают затруднения по сооружению автомобильных съездов для применяемых большегрузных автосамосвалов. Значение ширины транспортных берм меньше 20 м снижает скорость автосамосвалов и усложняет встречное движение порожних и груженых автосамосвалов.

В связи с превышением рациональных высоты подъема и расстояния транспортирования автосамосвалами в 2-3 раза для выполнения плановых объемов горных работ количество их необходимо увеличивать, что также усложняет организацию их движения в стесненных условиях глубоких горизонтов и еще больше загрязняет атмосферу пылью и токсичными компонентами отработанных газов. Переход на использование более мощных автосамосвалов с грузоподъемностью 220 и более тонн в зоне доработки запасов исследуемого карьера потребует пересмотреть конечный его проектный контур по дневной поверхности в сторону увеличения.

Низкая производительность экскаваторов также обусловлена стесненными условиями ведения горных работ – работа в узких забоях затрудняет маневрирование автосамосвалов перед погрузкой, а отсутствие широких площадок не позволяет минимизировать простои экскаваторов при подаче автосамосвалов на погрузку. По сравнению с зарубежными аналогами она меньше в 2-2,5 раза.

С учетом этого разработана и апробирована технология расконсервации временно нерабочего борта с использованием экскаваторно-автомобильных комплексов,

обеспечивающая сокращение времени вовлечения запасов руды в разработку и перехода на высокоритмичное производство вскрышных и добычных работ в стесненных условиях глубоких горизонтов исследуемого карьера.

Суть ее состоит в первоначальном совмещении отработки одних и тех же уступов по породам скальной вскрыши ниже границы применения железнодорожного транспорта как продольными, так и поперечными панелями после переноса внутрикарьерных складов в новое положение и реконструкции схем путевого развития с постепенным переходом только на отработку уступов поперечными панелями. Ускоренное вовлечение законсервированных запасов руды в разработку достигается отработкой максимального количества вскрышных уступов поперечными панелями сверху вниз с вывозкой пород скальной вскрыши через вновь сооружаемые на каждом горизонте временные съезды на одном из флангов рабочего борта. При этом самые большегрузные автосамосвалы необходимо использовать на широких площадках при отработке уступов поперечными панелями. В этом случае за счет петлевой схемы подъезда автосамосвалов на погрузку и более качественного многорядного взрывного дробления пород можно достичь высокой производительности экскаваторов, сопоставимой с зарубежными аналогами.

При разработке рабочих чертежей по расконсервации временно нерабочего борта на исследуемом карьере в период 2019-2020 годы было установлено, что в сложившихся условиях значительного отставания вскрышных работ наиболее целесообразной технологией использования экскаваторно-автомобильных комплексов является переход на отработку уступов скальной вскрыши поперечными панелями в крутонаклонных слоях.

Однако для окончательного принятия решения о возможности применения технологии отработки пород скальной вскрыши и руды до предельных проектных границ исследуемого карьера поперечными панелями в крутонаклонных слоях потребовалось укрупненно отстроить поэтапные контуры карьера, обеспечивающие минимизацию объема вскрышных работ в ближайшие годы и достижение проектной мощности по руде.

Все 25 поэтапных контуров с существующей глубины исследуемого карьера 375 м характеризуют динамику развития горных работ при переходе на отработку пород скальной вскрыши и руды в крутонаклонных слоях поперечными панелями.

Как видно из рис. 1-6, конфигурация и длина фронта работ уступов по породам скальной вскрыши позволяет достичь соответствующей интенсивности их одновременной отработки несколькими экскаваторами. При этом, как показали построения на 2019 год, одновременно также можно обрабатывать по несколько уступов.

Как таковое деление на Северный и Южный участок отсутствует, поскольку поэтапные контуры формируются в границах исследуемого карьера в целом. В соответствии с принятыми кондициями после окончания построений относящиеся к южной части месторождения в соответствующем контуре запасы руды также входят в подсчет поэтапных запасов руды.

Количество этапов соответствует количеству крутонаклонных слоев. Они представляют из себя оболочки карьера без уточнения месторасположения временных и скользящих съездов. Поскольку отработка пород скальной вскрыши экскаваторно-автомобильными комплексами производится сверху вниз, то в каждом очередном этапе отработки учитываются оставшиеся неотработанные объемы руды предыдущего этапа отработки.

На этапах 1 и 2 производится ликвидация отставания вскрышных работ. Несмотря на то, что в чертежах на Южном участке не показаны добычные работы с 2019г, при расчете объемов горных работ вычтены объемы по Южному участку на 2019г.

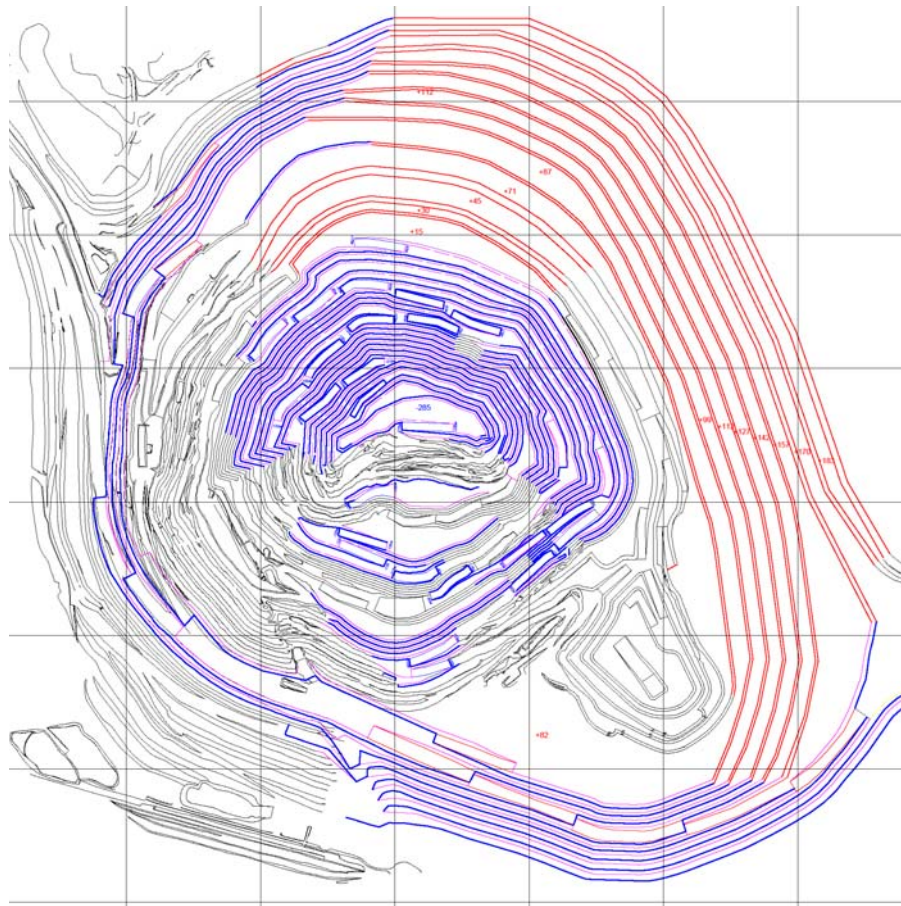


Рис. 1. Поэтапный контур исследуемого карьера на этапе 1

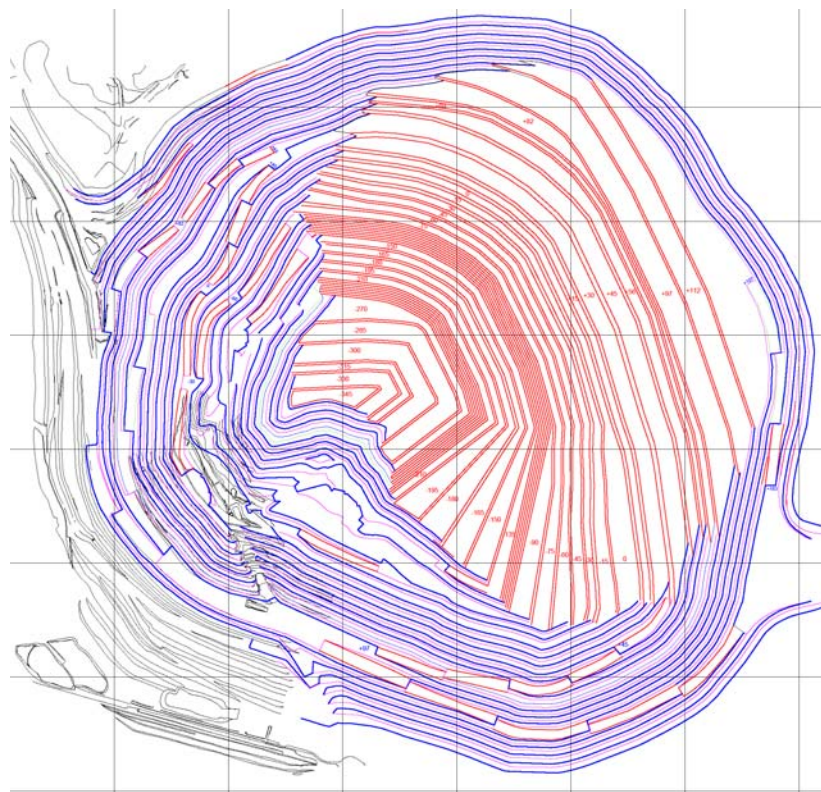


Рис. 2. Поэтапный контур исследуемого карьера на этапе 5

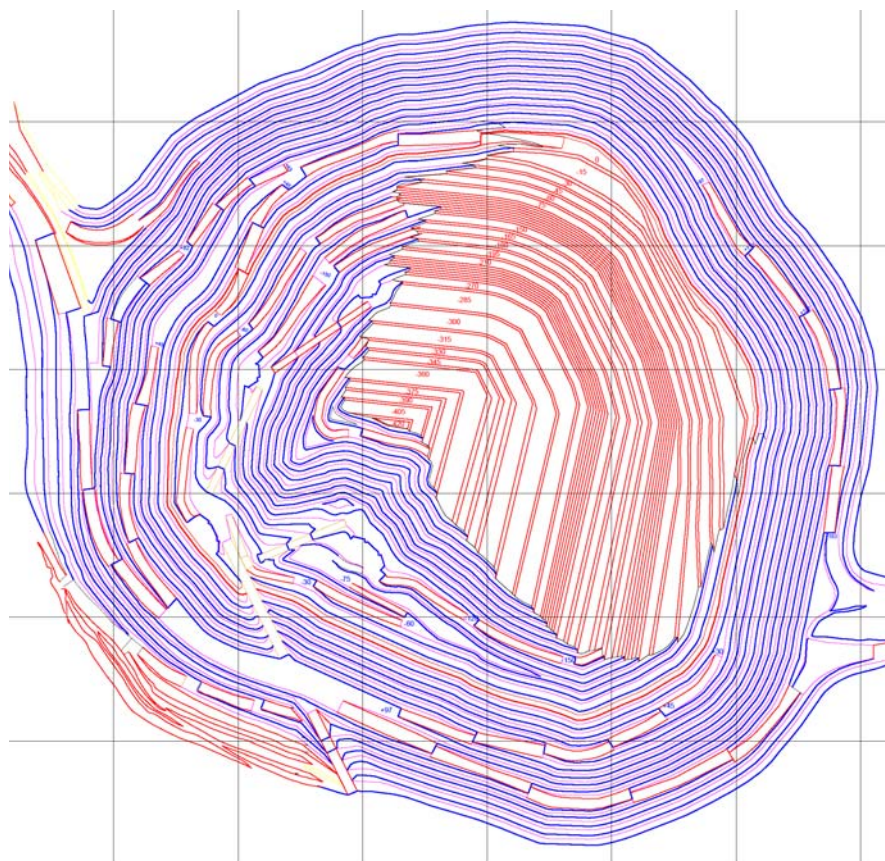


Рис. 3. Поэтапный контур исследуемого карьера на этапе 10

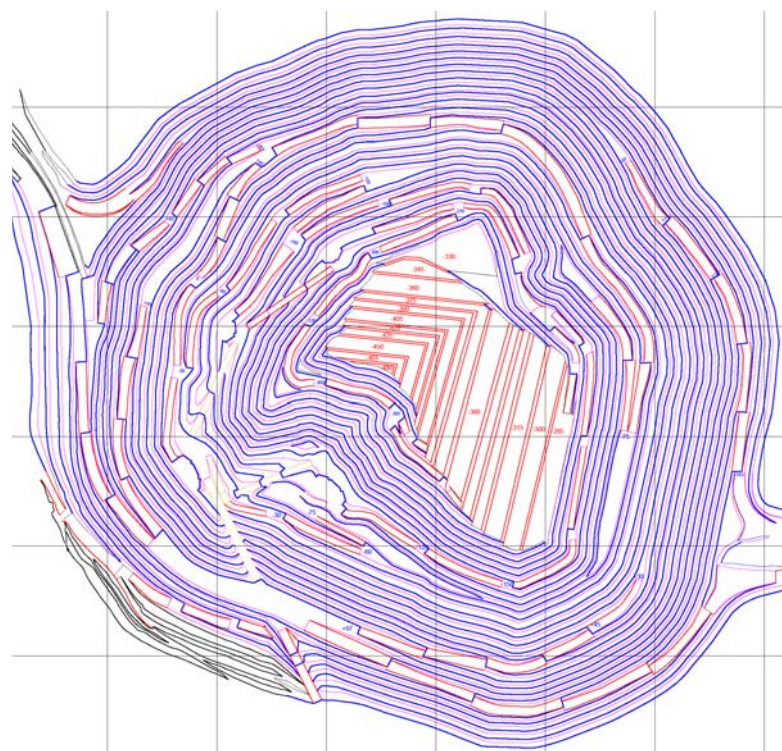


Рис. 4. Поэтапный контур исследуемого карьера на этапе 15

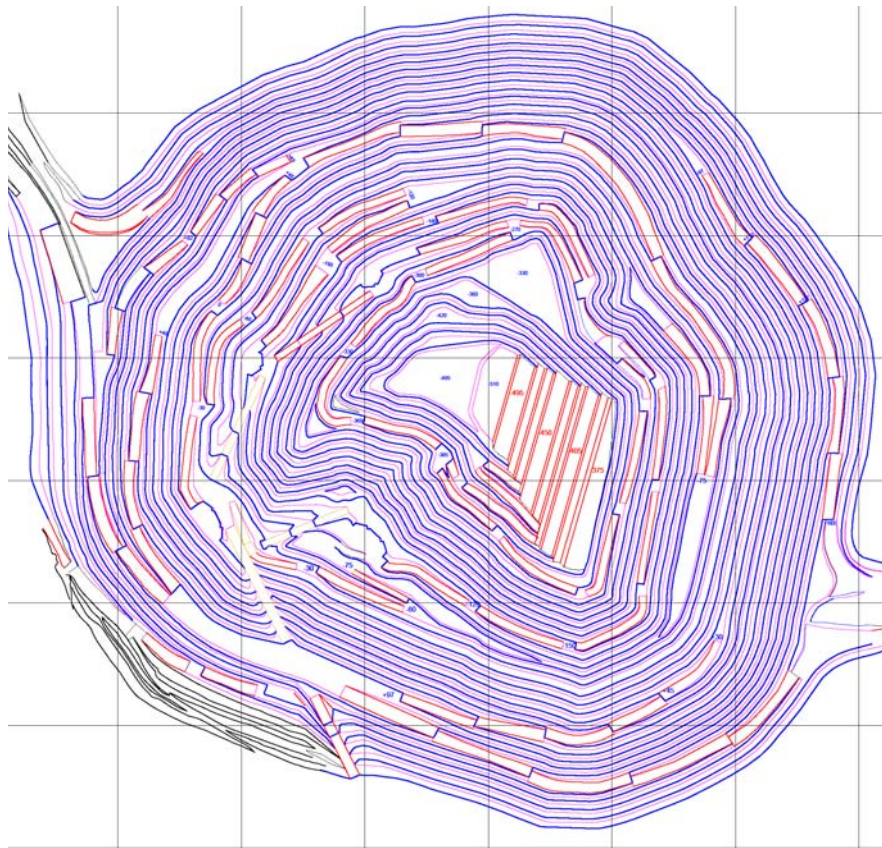


Рис. 5. Поэтапный контур исследуемого карьера на этапе 20

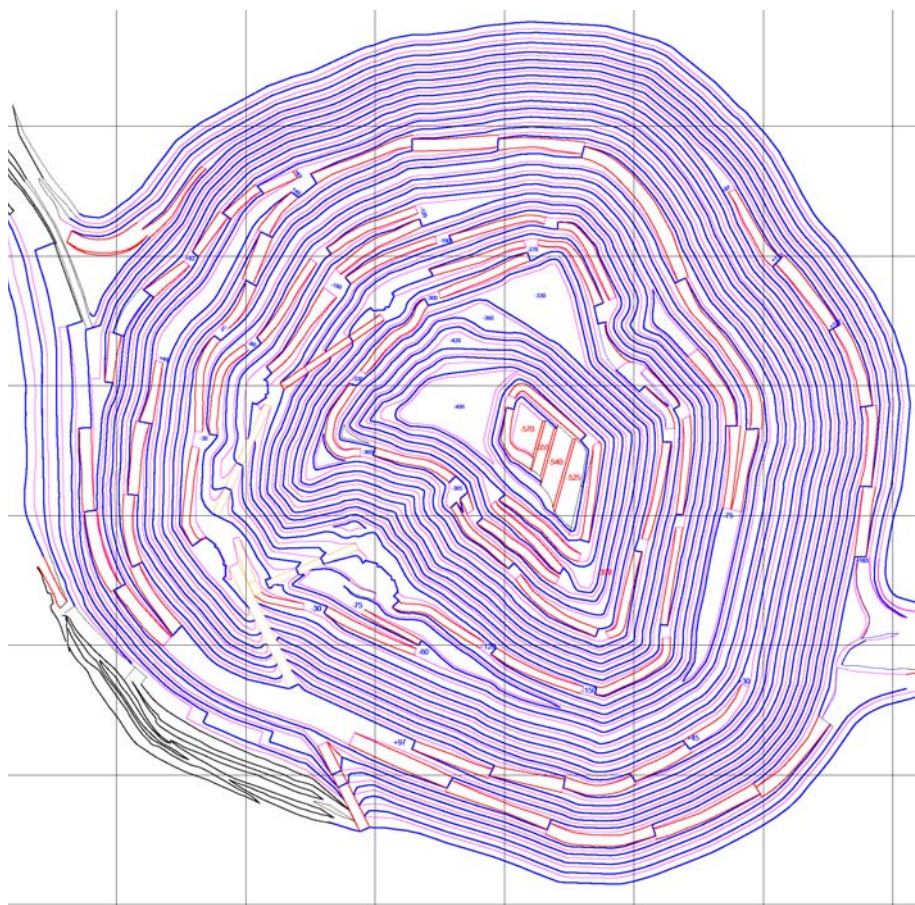


Рис. 6. Поэтапный контур исследуемого карьера на этапе 25

По рыхлым породам по мере достижения проектных контуров на верхних горизонтах ширина крутонаклонного слоя определяется по ширине заходки драглайна в 40-50 м. Обеспечение соразмерного развития вскрышной и добычной зон достигается, когда на один крутонаклонный слой будет приходиться по две заходки драглайна при ширине крутонаклонного слоя 60-80 м, соответствующей ширине поперечной панели по породам скальной вскрыши.

Следует также отметить, что на первых этапах, в породах скальной вскрыши, местами сохраняли крутой борт в 3 уступа, чтобы обеспечить понижение горных работ и соответствующее уменьшение текущего коэффициента вскрыши.

Статистическая обработка результатов работы экскаваторов на добыче руды и выемке пород скальной вскрыши в комплексе с автотранспортом показывает имеющиеся внутренние резервы увеличения их производительности. Однако при тупиковом развороте экскаваторов на узких площадках невозможно гарантировать увеличение их производительности. Замена парка на новые экскаваторы не решит этой проблемы. Только при переходе на циклично-поточную технологию за счет уменьшения высоты подъема автосамосвалов и расстояния транспортирования можно организовать сквозные схемы подъезда автосамосвалов при двух выходах с уступа. При имеющемся месте значительном отставании вскрышных работ переход на отработку уступов поперечными панелями позволит организовать петлевые схемы подъезда автосамосвалов к экскаваторам на погрузку. Как показывает практика, за счет уменьшения времени на подъезд автосамосвалов к экскаваторам можно увеличить производительность экскаваторов по сравнению с тупиковым разворотом на 25-30%.

Анализ календарного графика горных работ показывает, что наибольшие затруднения возникают в первые три года – 2020-2022 годы. Текущий коэффициент вскрыши при добыче руды по 15 млн. т будет изменяться от 8,9 до 8,7 т/т. Но с учетом имеющегося места отставания вскрышных работ его удастся уменьшить почти на 25%. Двукратное уменьшение объемов скальной вскрыши в 2023 году позволит увеличить добычу руды на 30% - до 19,5 млн. т, а в 2024 году – соответственно на 60% и освоить проектную мощность в 24 млн. т.

Увеличение проектной мощности на 1 млн. т руды с 2024 года связано с разгрузкой других карьеров объединения, большая часть горнотранспортной техники которой будет задействована в период 2019-2023 годы на исследуемом карьере, с переходом на использование более мощной современной горнотранспортной техники, ранее не предусмотренной в проекте, а также реализацией технологии отработки пород скальной вскрыши в крутонаклонных слоях поперечными панелями, значительно уменьшающее текущий разнос бортов единого карьера при увеличении длины фронта работ каждого уступа.

Также следует отметить, что с понижением горных работ отдельная отработка Северного и Южного участков затрудняет трассирование вскрывающих выработок в стесненных условиях, даже с применением автотранспорта. Постепенный переход на отработку запасов обоих участков единым карьером позволит более интенсивно вести горные работы поперечными панелями в крутонаклонных слоях.

Выводы: Трансформация результатов горно-геометрического анализа при реализации технологии отработки уступов по породам скальной вскрыши и руды поперечными панелями в крутонаклонных слоях единым карьером позволила получить календарный график производства горных работ. В период 2020-2022 годы в границах этапов 1 и 2 ежегодная производительность исследуемого карьера по руде принята равной 15 млн. т. Текущий коэффициент вскрыши в этот период составит 8,9, 8,76 и 8,7 т/т соответственно. Для его уменьшения относительно имеющегося места отставания вскрышных работ почти на 25% часть объемов пород рыхлой вскрыши перенесли на этап 3. В этих 25% учтен переход на отработку пород скальной вскрыши поперечными панелями в крутонаклонных слоях.

При ширине поперечной панели в пределах 60-80 м исследуемой технологии отработки уступов скальной вскрыши и руды наиболее целесообразной является схема подачи автосамосвалов к экскаватору с петлевым разворотом и с одиночной установкой

автосамосвала на погрузку. По сравнению с тупиковым разворотом автосамосвалов по используемой технологии отработки уступов продольными панелями переход на их отработку поперечными панелями с петлевым разворотом автосамосвалов на погрузку позволит увеличить производительность экскаваторов на 25-30%, что наряду с уменьшением разноса бортов карьера компенсирует интенсивность вскрытия рудной залежи сверху вниз в границах крутонаклонных слоев.

Двукратное уменьшение объемов скальной вскрыши в 2023 году позволит повысить добычу руды на 30% и освоить в 2025 году принятую в проекте производственную мощность исследуемого карьера в 24 млн. т.

Список литературы

1. Trubetskoy K.N., Peshkov A.A., Matsko N.A. Evaluation of open-pit mining projects with different waste schedules // Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc. – Littleton, Colorado, USA, Mining Engineering, Transactions Vol.298, 1996. – pp.1801-1806.
2. Корнилков С.В. Управление рабочей зоной глубоких карьеров // Известия Уральской государственной горно-геологической академии. – Екатеринбург: УГГГА, 1998. – Выпуск 7. – С.54-66.
3. Акишев А.Н. Управлением развитием рабочей зоной кимберлитовых карьеров // Горная промышленность / А.Н. Акишев, В.А. Бахтин, Е.В. Бондаренко, С.Л. Бабаскин. – М., 2004. - № 1. – С. 53-58.
4. Дриженко А.Ю., Козенко Г.В., Рыкус А.А. Открытая разработка железорудных руд Украины: состояние и пути совершенствования: Монография. - Днепропетровск: НГУ, 2009. – 452 с.
5. Dryzhenko A., Shustov A., Adamchuk A. Prospects for future mining of steep iron-ore deposits in the context of Kryvbas // Metallurgical and Mining Industry Issue 10, 2016. – pp. 46-52.
6. Dryzhenko A., Moldabayev S., Shustov A., Adamchuk A., Sarybayev N. Open pit mining technology of steeply dipping mineral occurrences by steeply inclined sublayers // 17 International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. – Albena, Bulgaria, 2017. – Volume 17. — pp. 599-605.
7. Belov O., Shustov O., Adamchuk A., Hladun O. Complex processing of brown coal in Ukraine: History, experience, practice, prospects // Solid State Phenomena, 2018. – 277. – pp. 251-268.
8. Shustov O.O., Bielov O.P., Perkova T.I. & Adamchuk A.A. Substantiation of the ways to use lignite concerning the integrated development of lignite deposits of Ukraine // Naukovyi visnyk natsionalnoho hirnychoho universytetu. – Dnipro, 2018. - Volume 3. - pp 5-13; doi:10.29202/nvngu/2018-3/6.
9. Anisimov O.O. Research on parameters of the working area on an internal dump for developing open pits // Naukovyi visnyk natsionalnoho hirnychoho universytetu. – Dnipro, 2018. - Volume 1. – pp. 27-34; doi:10.29202/nvngu/2018-1/17.