

А.В. Федоров, Д.Е. Горев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИКЛИЧНО-ПОТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ДОБЫЧЕ УГЛЯ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РАЗРЕЗОВ

Рассмотрены и проанализированы технологические процессы ведения вскрышных и добычных работ с применением различных типов карьерного транспорта. Предлагается проведение модернизации разреза «Бородинский» с применением циклично-поточной технологии и блочного порядка отработки.

Ключевые слова: эффективность, модернизация, расстояние транспортировки, блочный порядок отработки, циклично-поточная технология, экскаваторно-автомобильные комплексы.

В 2012–2013 гг. резко обострилась конкуренция на рынке продаж энергетических углей. При продажах на экспорт почти на 25% упала цена. Для европейского рынка это связано со сланцевой революцией в США и выходом на рынок

относительно дешевого американского угля [1]. А для Азии – возросшим объемом предлагаемых индонезийских и австралийских углей, цена которых также невелика, в связи с относительной близостью месторождений к портам. На внутреннем рынке упа-



Рис. 1. Добыча и отгрузка угля на разрезе «Бородинский»

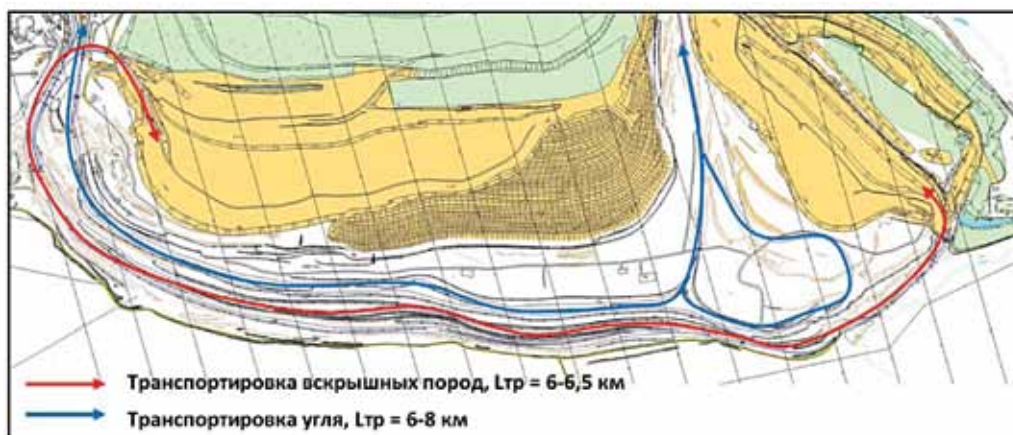


Рис. 2. Вскрышные и добычные грузопотоки на разрезе «Бородинский»

ли объемы продаж в связи с переходом некоторых угольных станций на газ, увеличением доли электроэнергии вырабатываемой ГЭС, и общим снижением объемов промышленного производства – основного потребителя электроэнергии.

В связи со сложившейся ситуацией, перед менеджментом угледобывающих предприятий остро встал вопрос повышения операционной эффективности и снижения себестоимости добычи. Анализ существующих технологий ведения вскрышных работ проведенный менеджментом компании СУЭК, а также некоторыми исследованиями показал, что на современном этапе развития механизации горнодобывающего и горнотранспортного оборудования технологии железнодорожной вскрыши, которые ранее считались наиболее эффективными для разрезов Сибири и Дальнего Востока, уступают в эффективности экскаваторно-автомобильным комплексам большой мощности (мехлопаты с емкостью ковша более 15 м³ и самосвалы с грузоподъемностью более 120 т).

В то же время, известно, что автомобильная вскрыша наиболее эффективна при расстоянии транспортировки вскрышных пород не более 2–2,5 км [2]. Это условие сложно

осуществить при переходе с железнодорожной вскрыши на автомобильную, не изменяя технологию добычи. Следует отметить, что многие разрезы Сибири и Дальнего Востока, обрабатывающие крупные залежи с пологим падением пласта, используют технологии с отсутствием угольных складов на поверхности, т.е. применяют технологии, когда ж.д. составы спускаются непосредственно на горные работы в забой экскаватора (рис. 1).

Поэтому, чтобы не пересекать добычные и погрузочные ж. д. пути транспортировку вскрыши приходится производить через фланги. Это хорошо видно на рис. 2, на котором приведена система разработки Бородинского разреза. Таким образом, переход с железнодорожной технологии на автомобильную на вскрышных работах предопределяет и соответствующий переход на добычных работах.

При этом эффективное расстояние транспортировки вскрыши обеспечивается разделением фронта работ на блоки, длиной по фронту около 2 км соединенными с внутренними отвалами транспортными породными перемычками или переходной зоной создаваемой непосредственной стыковкой вскрышных горизонтов и от-



Рис. 3. Блочная система разработки разреза «Бородинский» с применением автомобильного транспорта на добыче и вскрыше

вальных ярусов совмещенных блоков (рис. 3) [3].

Учитывая, что в условиях России уголь крупным потребителям доставляется на большие расстояния и железнодорожным транспортом,

в случае модернизации горных работ и переходе на автотранспортную добычу на предприятии необходимо организовать перегрузочный пункт, обеспечивающий выгрузку угля из автотранспорта, а затем погрузку его



Рис. 4. Грузопотоки на разрезе «North Antelope Rochelle Mine», США



Рис. 5. Приемный бункер и вагонозагрузочный пункт, разрез «North Antelope Rochelle Mine», США

в ж.д. вагоны. На предприятиях России, использующих на добыче автомобильный транспорт применяется, в основном, следующая организация работ: уголь вывозится автосамосвалами на штабель на склад открытого типа расположенный на борту разреза, откуда различными погрузочными механизмами (роторные экскаваторы, мехлопаты, колесные погрузчики) производится погрузка в ж. д. вагоны (рис. 8).

Изучение опыта лучших мировых практик показывает, что более эффективными являются технологии предусматривающие транспортировку угля автомобильным транспортом до приемного бункера, через который загружается стационарный погрузоч-

ный пункт и откуда производится погрузка в железнодорожные вагоны. Такие технологии применяются на одних из самых эффективных разрезах в мире – в бассейне Powder River, США (рис. 4, 5).

При принятии решения об изменении технологии и переходе на автотранспорт возникает проблема, которая также требует пристального внимания и разрешения: при доставке угля к приемному бункеру, который, как правило, находится на поверхности разреза используются съезды (выезды) имеющие достаточно большую протяженность и практически предельные для автотранспорта уклоны. Это приводит к тому, что автомобили работают в зоне повышенных нагрузок, а следовательно их

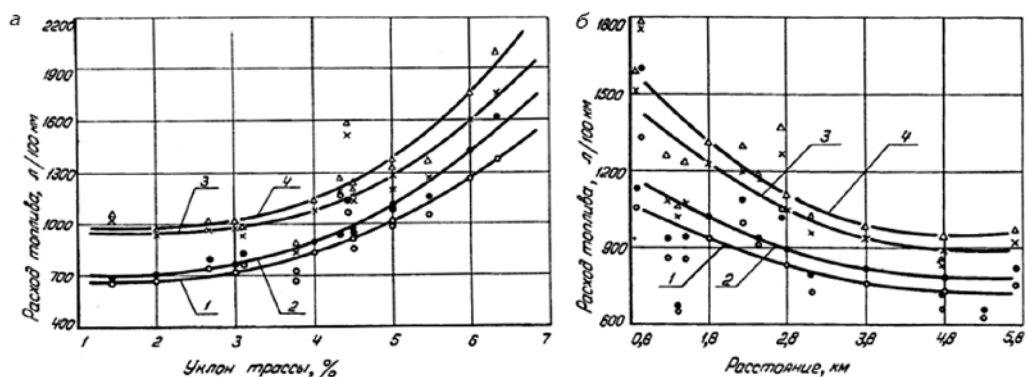


Рис. 6. Зависимость расхода топлива карьерных автосамосвалов с удельной мощностью 5,4 кВт/т (1, 3) и 4,7 кВт/т (2, 4): а – от уклона трассы; б – от расстояния транспортирования

Таблица 1

Укрупненные экономические показатели современных видов технологического транспорта на карьерах

Показатели	Вид транспорта		
	железнодорожный	автомобильный	конвейерный
Капитальные затраты на 1 км трассы, млн руб.	30–250	12–30	60–150
Операционные затраты на 1 т км транспортируемого груза, руб.	1,2–2,5	2,5–7,0	0,2–0,7

износ и удельные затраты на дизтопливо близки к максимуму (рис. 6) [4].

В этом случае более эффективной альтернативой является применение циклично-поточной технологии, когда приемный бункер располагается вбли-

зи нижних добычных уступов разреза, а доставка угля от приемного бункера до загрузочного пункта осуществляется конвейерным транспортом.

Эффективность применения конвейерного транспорта в таких усло-

виях доказана при проведении исследований в этом направлении [5, 6]. Так, например, сравнительный анализ транспортных систем показывает, что общая тенденция на крупных горных предприятиях все больше склоняется к применению поточного транспорта из-за сравнительно низких эксплуатационных затрат (табл. 1), при одновременной минимизации использования автомобильного транспорта [6].

Сокращение до таких пределов удельных эксплуатационных затрат при применении конвейерного транспорта достигается за счет уменьшения расхода энерго-ресурсов, как основной составляющей себестоимости транспортировки горной массы.

Проведенные исследования в области энергоемкости транспортных

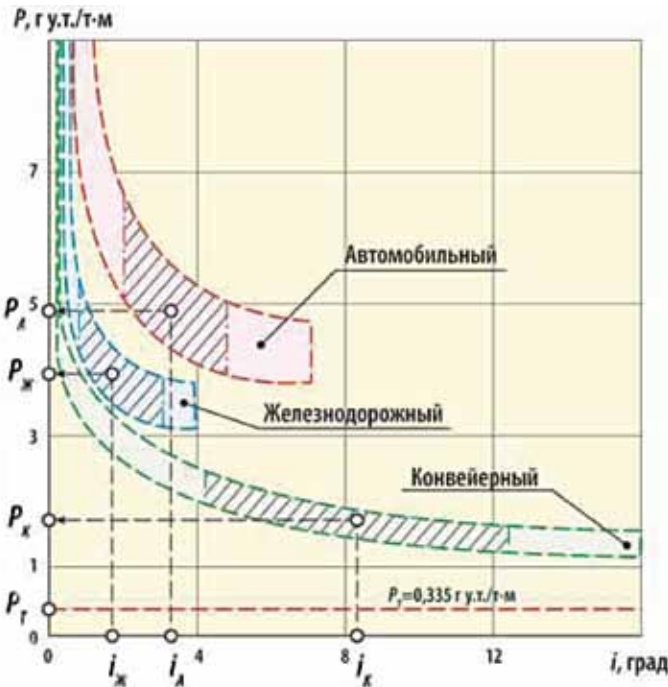


Рис. 7. Зависимость удельной энергоемкости (P) различных видов карьерного транспорта от уклона трассы (i): $P_A, P_Ж, P_K$ – средние значения энергоемкости различных видов транспорта; P_T – теоретически необходимая (минимальная) величина расхода энергии на подъем 1 т горной массы на 1 м; $i_A, i_Ж, i_K$ – средневзвешенные уклоны трасс различных видов транспорта; – области фактических значений удельной энергоемкости различных видов транспорта глубоких железорудных карьеров

систем карьера [7] также показывают эффективность конвейерного транспорта (рис. 7).

Таким образом, применение циклично-поточной технологии позволит оптимизировать затраты на транспортировку горной массы и максимально эффективно использовать автомобильный транспорт за счет сокращения расстояния транспортировки до 0,5–2 км (в зависимости от длины добычного фронта). При этом основной грузопоток угля будет направлен либо под уклон, либо горизонтально, что также позволит эксплуатировать автосамосвалы в наиболее эффективных условиях.

Обобщая многочисленные исследования проведенные в области сравнения и применения различных способов транспортировки горной массы, можно сделать вывод, что основным фактором, влияющим на выбор между автомобильной, конвейерной и циклично-поточной технологиями это перепад высот между добычными горизонтами и угольным складом (углепогрузочным пунктом). И чем больше этот перепад высот (генеральный угол наклона трассы,

по которой уголь доставляется на поверхность) тем более эффективно использование конвейерного транспор-

та для доставки угля на поверхность и циклично-поточная технология добычи для всего разреза в целом.

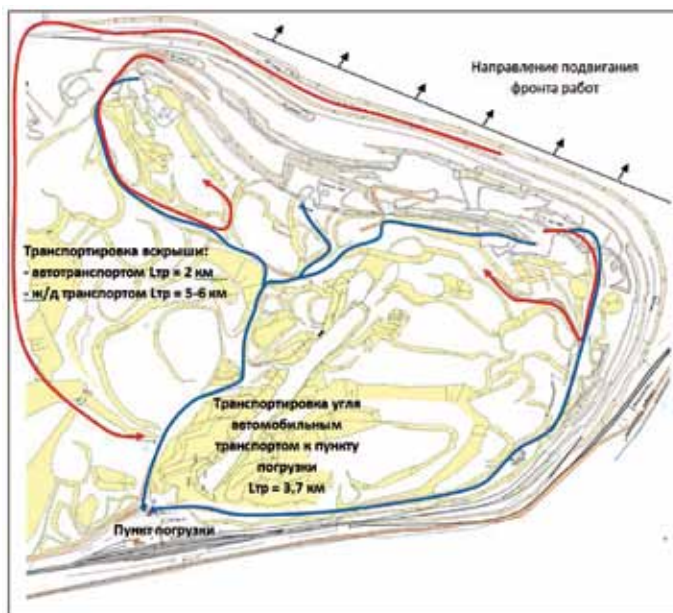


Рис. 8. Грузопотоки на разрезе «Павловский» до реализации проекта

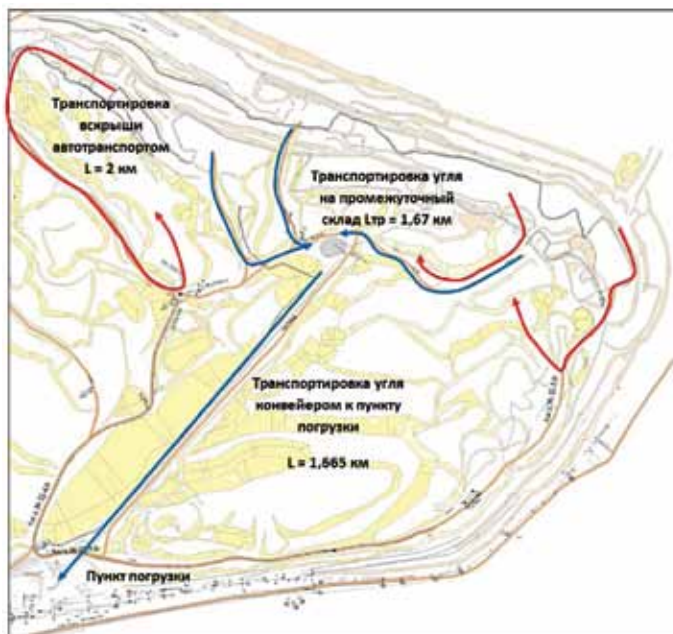


Рис. 9. Грузопотоки на разрезе «Павловский» после реализации проекта



Рис. 10. Конвейер на разрезе «Павловский», ООО «Приморскуголь»

Учитывая накопленный опыт эксплуатации автомобильного и конвейерного транспорта, а также результаты исследований в этой области, компания СУЭК осуществила подобную модернизацию системы разработки и комплексной механизации горных работ на разрезе «Павловский» (входит в ООО «Приморскуголь», группа компаний «СУЭК») (рис. 8, 9, 10). Внедрение циклично-поточной технологии на добыче угля позволило:

- вывести из эксплуатации станцию погрузки «Восточная» и сконцентрировать погрузочные работы на станции погрузки «Восточная-2»;
- вывести из эксплуатации два экскаватора ЭР-1250 и ЭКГ-4У.
- изменить расстояние автомобильной транспортировки угля (без внедрения конвейера 3,7 км, с учетом внедрения 1,6 км.).
- изменить затраты на содержание автомобильных дорог вследствие уменьшения их протяженности.
- отказаться от приобретения 5 дополнительных самосвалов БелАЗ-7555, планируемых к приобретению в связи с недостатком провозной способности.
- отказаться от менее эффективной железнодорожной вскрыши за счет увеличения объемов и сокращения расстояния транспортировки автомобильной вскрыши, снизить себестоимость доставки угля на 25% (табл. 2) [8].

Учитывая положительный опыт ОАО «Приморскуголь» менеджмент ОАО «СУЭК-Красноярск» прорабатывает вопрос модернизации и технического перевооружения разреза «Бородинский» (рис. 11).

При применении блочной системы разработки в сочетании с использованием циклично-поточной технологии на разрезе «Бородинский» позволит эффективно управлять грузопотоками и сократить затраты на транспортировку горной массы.

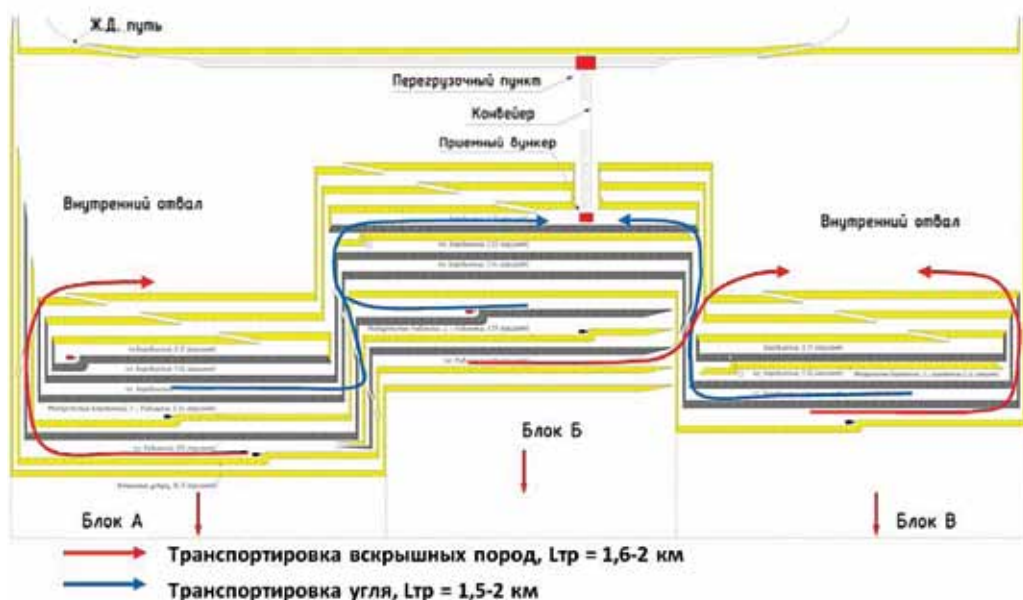
Предлагаемая схема заключается в следующем: блоки обрабатываются в

следующем: блоки обрабатываются в

Таблица 2

Технико-экономическое сравнение вариантов ОАО «Приморскуголь»

Показатели	Сравнение вариантов		
	БелАЗы за 5 лет	Конвейер за 5 лет	Отклонение
Операционный денежный поток, тыс.руб.	-93 374	324 146	417 520
Инвестиционный денежный поток, тыс.руб.	-75 000	-148 800	-73 800
Денежный поток по проекту	-168 374	175 346	343 720
Срок окупаемости без учета дисконтирования, мес.		29,3	29,3
Ставка дисконтирования	14,50%	14,50%	
Дисконтированный поток по проекту, тыс.руб.	-127 890	87 396	215 285
Чистый дисконтированный доход накопленным итогом, тыс.руб. (NPV)	-127 890	87 396	215 285
Срок окупаемости с учетом дисконтирования, мес.		32,7	33
Дисконтированные инвестиции	-65 502	-129 956	-64 454
Внутренняя норма доходности, % в год		61,1%	61,1%
Модифицированная норма доходности, % в год	-100%	32,4%	132,4%
Индекс доходности инвестиций (PI)	-0,95	1,67	2,6

**Рис. 11. Вскрышные и добычные грузопотоки на разрезе Бородинский при применении блочной схемы отработки и циклично-поточной технологии**

шахматном порядке, что позволяет сократить до 2–3 км расстояние транспортировки автомобильной вскрыши. Кроме того, ведение горных работ в опережающих блоках позволит исключить пересечение грузопотоков, поскольку вскрышные и добычные работы в соседних блоках ведутся в разное время и одновременно через блок. Размещение приемного бункера на почве пласта «Бородинский-2» позволит минимизировать затраты на транспортировку угля за счет движения груженных автосамосвалов по горизонтальным участкам и на спуск, а также повысить производительность автомобильного транспорта при сокращении плеча откатки. Для реализации предложенной схемы необходима модернизация разреза, которая предусматривает:

- полный отказ от железнодорожного транспорта, как на добыче, так и на вскрыше;
- строительство стационарного высокопроизводительного пункта погрузки вагонов на поверхности устоявшихся (староуложенных) отвалов;
- строительство приемного бункера на нижних горизонтах и конвейера для доставки угля с нижних добычных горизонтов на пункт погрузки вагонов.

Общий объем инвестиций для осуществления глобального технического перевооружения Бородинского разреза, и увеличения его мощности по добыче до 30 млн т в год составит около 5 млрд руб., срок окупаемости – 3–4 года.

Выводы

1. В настоящий период только модернизация предприятий открытой угледобычи позволит сделать их эффективными и конкурентоспособными.

2. При модернизации и техперевооружении предприятий необходимо использовать опыт лучших мировых практик и результаты научных исследований проводимых в этой области.

3. Наиболее универсальной, эффективной и производительной технологией в настоящее время, как показывают результаты деятельности лучших предприятий, является применение экскаваторно-автомобильных комплексов с использованием экскаваторов мехлопат с объемами ковша более 15 м³ и автосамосвалов грузоподъемностью более 100 т.

4. В условиях РФ, когда до 95% угля доставляется потребителям железнодорожным транспортом, целесообразно строительство на предприятиях высокопроизводительных стационарных вагонозагрузочных комплексов.

5. Для мощных угольных разрезов целесообразно применение на добыче циклично-поточных технологий. При этом доставку угля с нижних добычных горизонтов на вагонозагрузочный пункт, расположенный на поверхности разреза наиболее эффективно осуществлять конвейерным транспортом.

6. Все вышеназванные положения практически доказаны при внедрении ЦПТ на добыче и доставке угля в разрезе «Павловский» ОАО «Приморск-уголь» СУЭК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плакиткина Л.С. Влияние «сланцевой революции» на добычу и экспорт угля в мире и России // Горная промышленность. – 2013. – № 4. – С. 18–23.

2. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е., Мельников Н.Н. и др. Открытые

горные работы. Справочник. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.

3. Федоров А.В. Технология разработки Бородинского бурогоугольного месторождения при модернизации разреза // Горный информационно-аналитический бюллетень.

Отдельный выпуск № 2. – 2013. – С. 166–179.

4. Тарасов П.И. Исследование влияния горнотехнических факторов на расход топлива карьерным автотранспортом. Дисс. ... канд. техн. наук. – Свердловск, 1982.

5. Веревкин А.А. Дробление в карьере и конвейерный транспорт вместо самосвалов // Журнал современных строительных технологий «Красная линия». – 2013. – № 7. – С. 40–43.

6. Твердов А.В., Жура А.В., Никишичев С.Б. Современные системы транспор-

тировки полезных ископаемых и вскрышных пород // Горная промышленность. – 2012. – № 2. – С. 96–100.

7. Ворошилов Г.А., Лель Ю.И. Энергоёмкость транспортных систем карьеров: оценка и перспективы [электронный ресурс] // Режим доступа: <http://library.stroit.ru/articles/trankar/>

8. Инвестиционный проект «Строительство дробильно-погрузочного комплекса с применением ленточного конвейера для транспортировки угля с добычных забоев». – п. Новошахтинский: РУ «Новошахтинское» ОАО «Приморскуголь», 2011. **ИЛАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Федоров Андрей Витальевич – исполнительный директор, e-mail: FedorovAV@suek.ru,

Горев Денис Евгеньевич – заместитель начальника управления

производственного контроля, охраны труда и экологии, e-mail: GorevDE@suek.ru,

ОАО «СУЭК-Красноярск».

UDC 622.2

APPLICATION OF CYCLIC-FLOW TECHNOLOGY FOR COAL MINING IN ORDER TO IMPROVE THE OPERATING EFFICIENCY OF THE CUTS

Fedorov A.V., Executive Director, e-mail: FedorovAV@suek.ru,

Gorev D.E., Assistant Director of Production Supervision, Labor Protection and Ecology,

e-mail: GorevDE@suek.ru,

SUEK-Krasnoyarsk JSC.

Technological processes of conducting overburden and mining works with application of various types of career transport are considered and analysed. Carrying out modernization of Borodinsky coal mine with application of cyclic-flow technology and a block order of working off is offered.

Key words: efficiency, modernization, transportation distance, block mining order, cyclic-flow technology, excavator and automobile complexes.

REFERENCES

1. Plakitkina L.S., *Gornaja promyshlennost'*. 2013, no 4, pp. 18–23.

2. Trubeckoj K.N., Potapov M.G., Vinickij K.E., Mel'nikov N.N. *Otkrytye gornye raboty. Spravochnik (Opencast mining. Handbook)*, Moscow, Gornoe bjuro, 1994, 590 p.

3. Fedorov A.V. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'*, Special issue no 2, 2013, pp. 166–179.

4. Tarasov P.I. *Issledovanie vlijaniya gornotehnicheskikh faktorov na rashod topliva kar'ernym avtotransportom (Influence of mine technical factors on the motor-vehicle transport fuel consumption at open pits)*, Candidate's thesis, Sverdlovsk, 1982.

5. Verevkin A.A. *Zhurnal sovremennykh stroitel'nyh tehnologij «Krasnaja linija»*. 2013, no 7, pp. 40–43.

6. Tverdov A.V., Zhura A.V., Nikishichev S.B. *Gornaja promyshlennost'*, 2012, no 2, pp. 96–100.

7. Voroshilov G.A., Lel' Ju.I. *Jenergoemkost' transportnyh sistem kar'erov: ocenka i perspektivy*, available at: <http://library.stroit.ru/articles/trankar/>

8. *Investicijnyj projekt «Stroitel'stvo drobil'no-pogruzochnogo kompleksa s primeneniem lentocnogo konvejera dlja transportirovki uglja s dobychnyh zaboev» (Investment project «Construction of Crushing-and-Loading System with Belt Conveyor for Coal Haulage from Production Faces)*, Novoshakhtinskiy, RU «Novoshakhtinskoe» JSC «Primorskugol'», 2011.