УДК 622.68 +625.527„313”

Ширин Леонид Никифорович
доктор технических наук,
заведующий кафедрой транспортных систем
и технологий,
Национальный горный университет,
49600, Украина, г. Днепропетровск,
пр. Карла Маркса, 19

Shirin Leonid N.
Doctor of technical sciences, professor,
the head of Transport systems
and technology department,
The State Higher Educational Institution
the National Mining University
49600, the Ukraine, Dnepropetrovsk,
Karl Marx Av., 19

Денищенко Александр Валерьевич
кандидат технических наук,
доцент кафедры транспортных систем
и технологий,
Национальный горный университет
49600, Украина, г. Днепропетровск,
пр. Карла Маркса, 19,
e-mail: alexx097@rambler.ru

Denishchenko Alexander V.
candidate of technical sciences,
senior lecturer of Transport systems
and technology department,
the State Higher Educational Institution
the National Mining University
49600, the Ukraine, Dnepropetrovsk,
Karl Marx Av., 19,
e-mail: alexx097@rambler.ru

Юрченко Олег Олегович
ассистент кафедры транспортных систем
и технологий,
Национальный горный университет,
49600, Украина, г. Днепропетровск,
пр. Карла Маркса, 19,
e-mail: urchenkooo@mail.ru.

Yurchenko Oleg O.
assistant lecturer of Transport systems
and technology department,
The State Higher Educational Institution
the National Mining University
49600, the Ukraine, Dnepropetrovsk,
Karl Marx Av., 19,
e-mail: urchenkooo@mail.ru.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ТРАНСПОРТА ЩЕБЕНОЧНЫХ КАРЬЕРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КАНАТНЫХ НАПОЧВЕННЫХ ДОРОГ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

TECHNOLOGICAL TRANSPORT SYSTEMS OF BROKEN STONE QUARRIES EMPLOYING THE NEW GENERATION OF FLOOR MOUNTED ROPE DRIVEN RAILWAYS

Аннотация:

Проведен анализ основных технологических схем транспорта щебеночных карьеров. Предложены новые схемы комплексной механизации горных работ при транспортировании скальных пород канатными напочвенными дорогами. Исследовано влияние формы и размеров щебеночных карьеров на производительность и выбор подвижного состава канатных напочвенных дорог

Ключевые слова: карьер, производительность, транспортная система, канатная напочвенная дорога

Abstract:

The basic technological transport systems of broken stone quarries are analyzed. The new schemes of mining integrated mechanization using floor mounted rope driven railways for rock materials haulage are proposed. The influence of form and size of broken stone quarries both on productivity of the floor mounted rope driven railways and rolling stock selection are studied

Key words: quarry, productivity, transport system, floor mounted rope driven railway

Проектная глубина разработки карьеров скальных строительных материалов на месторождениях магматических горных пород ограничивается следующими основными факторами: глубиной разведанных запасов полезного ископаемого, значительными водопритоками на большой глубине, застроенностью окружающей территории или ее приватизацией. В настоящее время около 60 % карьеров скальных изверженных магматических пород Украины достигли своей проектной глубины и не имеют возможности рас-

К содержанию

ширения границ карьерных полей. Однако ведение работ ниже этой отметки в большинстве случаев экономически обосновано и позволило бы добыть дополнительно около 900 млн м^3 ценных строительных материалов[1].

Исследованиями [2 – 5] установлено, что при применении автомобильного транспорта, который используется практически на всех карьерах, понижение глубины разработки приводит к значительному увеличению расстояния транспортирования и росту затрат на перемещение карьерных грузов.

Транспортные системы щебеночных карьеров с использованием автосамосвалов в качестве единого транспортного средства от забоя до пункта разгрузки на поверхности (рис. 1, а) отвечали до последнего времени практически всем требованиям, предъявляемым к карьерному транспорту. Однако конъюнктура нефтяного рынка в сочетании с понижением глубины карьеров привели к тому, что себестоимость транспортирования значительно возросла из-за расходов на горюче-смазочные материалы, шины, заработную плату и ремонт автомобилей. В связи с этим на современном этапе развития техники и технологии открытых горных работ автотранспорт не обеспечивает минимальных затрат на транспортирование.

Снизить трудовые, энергетические, капитальные и эксплуатационные затраты на транспортирование, а также минимизировать выхлопы отработавших газов дизельных двигателей возможно за счет внедрения альтернативных транспортных средств или использования комбинаций автотранспорта с другими видами транспорта.

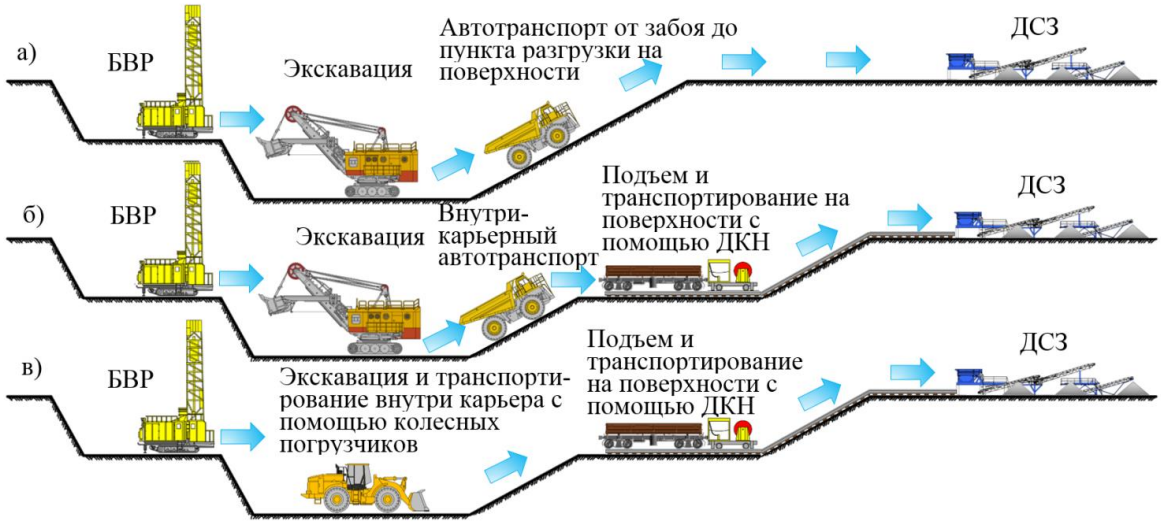


Рис. 1 – Схемы комплексной механизации горных работ на щебеночных карьерах:

а) – при транспортировании взорванных скальных пород автосамосвалами до дробильно-сортировочного завода за пределами карьера; б) – при транспортировании автосамосвалами до перегрузочного пункта внутри карьера, далее подъем и транспортирование по поверхности с помощью ДКН; в) – при выемке и транспортировании колесными погрузчиками внутри карьера до перегрузочного пункта, далее подъем и транспортирование по поверхности с помощью ДКН

Следует отметить, что на карьерах нерудных строительных материалов большой производительности наряду с автосамосвалами успешно применяется железнодорожный транспорт [2]. На небольших щебеночных карьерах с производственной мощностью 300 – 500 тыс. м^3/год находит применение узкоколейный железнодорожный транспорт с шириной колеи 750 и 900 мм [6]. Ограниченное распространение железнодорожного транспорта связано с несоответствием рациональной области применения (значительные размеры месторождения, большие объемы перевозок на дальние расстояния) условиям большинства нерудных карьеров.

К содержанию

В зарубежной практике на глубоких карьерах широко распространены технологические схемы транспорта с использованием конвейеров. В условиях Украины, на неглубоких карьерах строительных материалов со сравнительно небольшими объемами грузопотоков, конвейеры широкого распространения не получили [3, 7]. Связано это с необходимостью защиты конвейерных линий от влияния взрывных работ, а также с повышенным износом конвейерных лент при транспортировании крупнокусковых и абразивных скальных пород.

В этой связи в качестве подъемно-транспортного оборудования на щебеночных карьерах небольшой мощности рекомендуется нетрадиционный для открытых горных работ вид транспорта − канатные напочвенные дороги (ДКН), работающие по принципу откатки грузов в вагонах по рельсовому пути при помощи замкнутого каната.

Канатные напочвенные дороги широко используются на шахтах Украины, России и Западной Европы. Предназначены они для транспортирования вспомогательных грузов и людей по подземным выработкам длиной до 3000 м с горизонтальным, наклонным знакопеременным профилем путей и с искривленной в плане трассой в шахтах, опасных по газу и пыли [9 –12].

Предварительный анализ работы действующих щебеночных карьеров показал, что технологические схемы транспорта с применением ДКН способны обеспечить снижение эксплуатационных затрат на транспортирование горной массы по сравнению с автомобильным до 40 % и конвейерным транспортом до 20 % [8]. Установлено также, что капитальные затраты на ДКН и ее монтаж значительно ниже стоимости карьерного автотранспорта аналогичной производительности. Более того, данные установки могут эффективно применяться как в карьерах новых предприятий, так и при реконструкции действующих.

Согласно проведенным исследованиям, ДКН целесообразно использовать в комбинации с автотранспортом (рис. 1, б) и колесными погрузчиками (рис. 1, в).

Схема (рис. 2, а) предусматривает использование автосамосвалов для перевозок внутри карьера до перегрузочного пункта, далее подъем и транспортирование по поверхности осуществляются ДКН до дробильно-сортировочного завода.

Схема (рис 2, б) отличается от предыдущей использованием колесных погрузчиков в качестве выемочно-транспортного оборудования для доставки недробленой породы до пункта перегрузки в состав ДКН, что позволяет отказаться от использования одноковшовых экскаваторов в комплексе с автосамосвалами, которые, согласно исследованию [13], при расстоянии до 1 – 1,3 км проигрывают по эффективности колесным погрузчикам.

Процесс загрузки вагонов на концентрационном горизонте может производиться на эстакадных перегрузочных пунктах, через бункерные устройства или с промежуточным складированием и погрузкой вагонов с помощью экскаваторов или колесных погрузчиков.

При переходе на нижележащие горизонты осуществляется перенос перегрузочного пункта, что сопровождается приостановкой работы канатной напочвенной дороги, укладкой дополнительного рельсового пути, удлинением тягового каната за счет сматывания его запаса с барабана буксировочной тележки.

Во избежание дополнительных капитальных затрат на проведение крутонаклонной траншеи для подъема горной массы на поверхность с помощью этой установки может использоваться существующая выездная траншея. Форма и размеры гранитных карьеров оказывают существенное влияние на параметры трассы внутренней траншеи, а от них, в свою очередь, зависит выбор подвижного состава канатных напочвенных дорог.

Как известно, использование думпкаров для транспортирования скальной горной массы при открытой разработке месторождений является предпочтительным вследствие их способности выдерживать значительные ударные нагрузки, большой грузоподъемно-

К содержанию

сти, возможности разгрузки в любую сторону железнодорожного пути. На прямолинейных участках в составе ДКН, согласно проведенным исследованиям, рекомендуется применять думпкары типа УВС-22 с минимальным радиусом вписывания в кривые 50м.

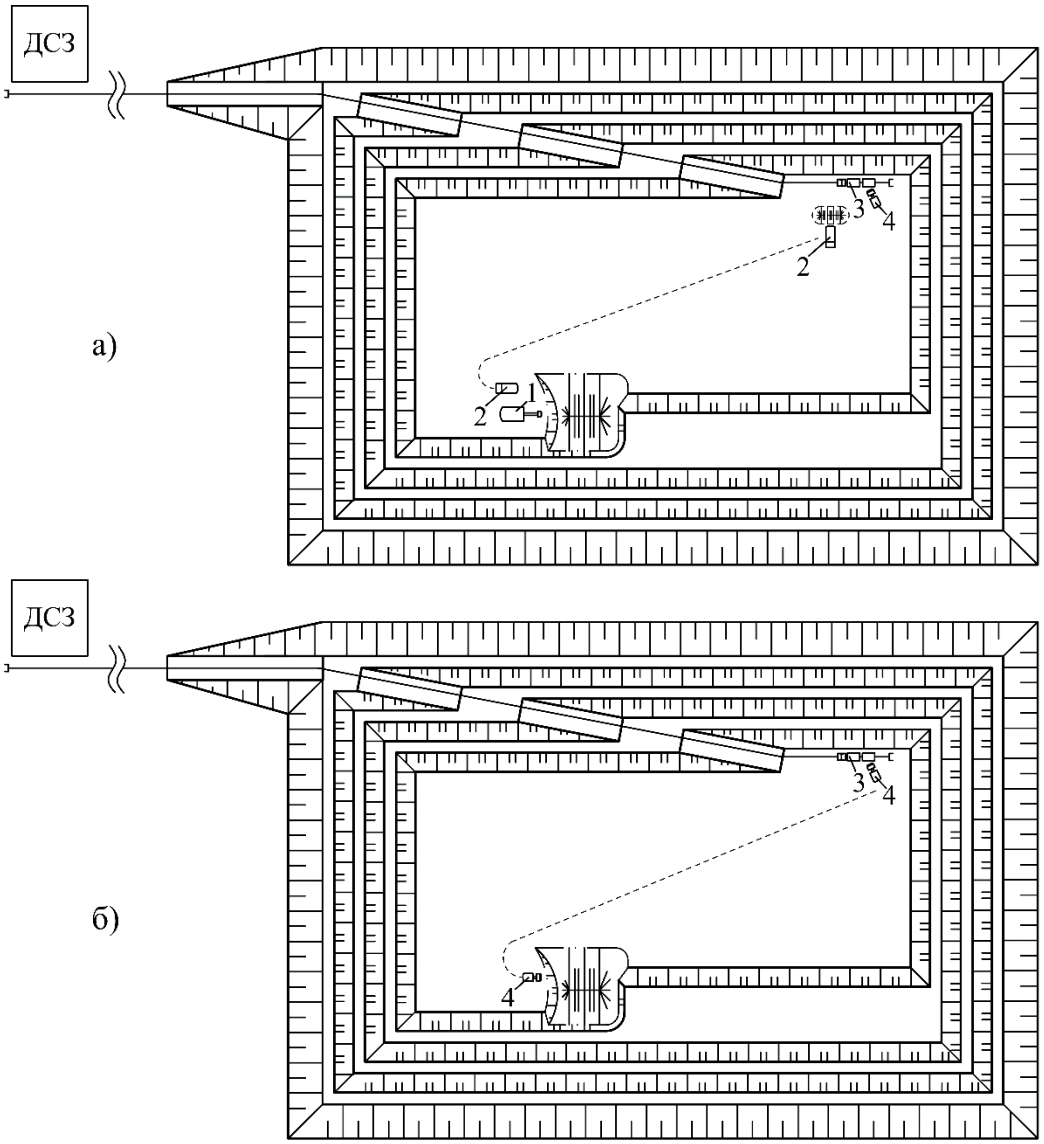


Рис. 2 – Транспортные схемы карьера в плане:
а) – при транспортировании полезного ископаемого внутри карьера автосамосвалами;
б) – при транспортировании полезного ископаемого внутри карьера колесными погрузчиками:
1 – экскаватор; 2 – автосамосвал; 3 – ДКН; 4 – колесный погрузчик

На карьерах нерудных строительных материалов форма трассы внешних и внутренних капитальных траншей наиболее часто является прямолинейной в плане, однако на сравнительно глубоких карьерах, где длина трассы внутренней траншеи превышает длину борта карьера, может использоваться петлевая, спиральная или смешанная формы трассы.

В работе исследована возможность размещения выездной траншеи на нерабочем борту карьеров (табл. 1). Из-за большого количества и разнообразия гранитных и каменных карьеров в работе принята их систематизация, предложенная проф. В.И. Симоненко, с выделением четырех базовых типов карьеров [14]. Размеры карьерного поля и проектная глубина у карьеров базовых типов различны, поэтому для каждого типа карьеров длина прямолинейного в плане участка трассы будет различна.

К содержанию

Таблица 1

Размещение прямолинейной выездной траншеи на нерабочем борту

Параметры транспортных систем с ДКН	Типы карьеров			
	Большой площади, глубокие (I тип)	Средней площади		Малой площади, средней глубины (IV тип)
		Глубокие(II тип)	Средней глубины (III тип)	
Прямолинейный участок *внутренней* выездной траншеи на одном нерабочем борту, м: – глубина карьера, м; – длина траншеи, м	95 1200	50 700	50 700	30 410
Прямолинейный участок при вскрытии 2-х верхних горизонтов *внешней,* а остальных – *внутренней* выездной траншеей на одном нерабочем борту, м: – глубина карьера, м; – длина траншеи, м	135 1610	80 1110	80 1110	60 820

Анализ результатов расчетов показывает, что внутренние выездные траншеи с прямолинейной в плане трассой могут размещаться исключительно на одном нерабочем борту глубоких карьеров большой площади (тип I) до глубины 95 м, карьеров средней площади большой и средней глубины (тип II, III) – до 50 м, карьеров малой площади и средней глубины (тип IV) – до 30 м. Следовательно, гранитные и каменные карьеры могут разрабатываться с использованием для подъема горной массы из карьера и транспортирования на поверхности тяжелых канатных напочвенных дорог на 50 – 75 % от проектной глубины. Транспортирование полезного ископаемого с нижележащих горизонтов (до 3-х) может производиться внутрикарьерным автотранспортом.

Глубина карьера, при которой будет сохраняться прямолинейный участок трассы выездной траншеи на нерабочем борту, может быть увеличена за счет вскрытия 2-х верхних горизонтов внешней капитальной траншеей, а остальных – внутренней выездной траншеей. В этом случае пункт загрузки ДКН может размещаться практически на отметке проектной глубины карьера.

Ограничением использования ДКН на карьерах в ряде случаев может выступать их недостаточная производительность, поскольку серийно выпускаемые установки разработаны для шахтных условий со значительно меньшими грузопотоками в сравнении с карьерными. Поэтому для условий щебеночных карьеров необходимо проведение исследований возможности обеспечения планового грузопотока серийными канатными напочвенными дорогами.

Для условий открытых горных работ целесообразно рассматривать только наиболее мощные из серийно выпускаемых шахтных канатных напочвенных дорог, к которым относятся следующие типы: ДКНТ-2-315, КРД1-100Г, Gauge 650 и Gauge 900 производства, соответственно, ОАО «Луганскгормаш» (Украина), ООО «Завод Гидромаш» (Россия), компании «Becker Mining Systems» (Германия). Их основные технические параметры: расстояние транспортирования 2000 – 4000 м; скорость движения 2 – 4 м/с; радиус закругления пути в горизонтальной плоскости не менее 4 – 12 м; тяговое усилие от

К содержанию

100 до 200 кН; мощность привода до 500 кВт; расположение тягового каната – центральное или боковое; ширина рельсового пути 600, 650 или 900 мм.

Часовая производительность ДКН определяется по формуле

$$Q_{\text{ч}} = \frac{60mK_{\text{в}}}{T}, \text{ т/ч} \quad (1)$$

где m – грузоподъемность состава ДКН, т; $K_{\text{в}}$ – коэффициент использования оборудования во времени (в зависимости от уровня надежности машины и организации работ составляет 0,85 – 0,9); T – время рейса состава, мин.

Время рейса состава канатной напочвенной дороги

$$T = t_{\text{дв}} + \theta \text{ , мин} \quad (2)$$

где $t_{\text{дв}}$ – время движения ДКН на протяжении рейса, мин; Θ – продолжительность конечных операций, мин.

Время движения состава на протяжении рейса рассчитывается по формуле

$$t_{\text{дв}} = \frac{2L}{60\text{К}_{\text{с}}V_{\max}}, \text{ мин}, \quad (3)$$

где L – длина транспортирования, м; $V_{\max}$ – максимальная скорость движения в грузовом и холостом направлениях, м/с; $K_{\text{с}}$– коэффициент снижения скорости, учитывающий периоды разгона и остановки, принимается равным 0,9.

Продолжительность конечных операций ДКН рассчитывается по формуле

$$\theta = t_{\text{п}} + t_{\text{р}} + t_{\text{ож}}, \text{ мин}, \quad (4)$$

где $t_{\text{п}}$ – время погрузки, мин; $t_{\text{р}}$ – время разгрузки, мин; $t_{\text{ож}}$ – время ожидания в пункте погрузки и разгрузки, мин.

С учетом формул (3) и (4) время рейса ДКН примет вид

$$T = \frac{2L}{60K_{\text{с}}V_{\max}} + t_{\text{п}} + t_{\text{р}} + t_{\text{ож}}, \quad \text{мин}. \quad (5)$$

Анализ выражения (5) показывает, что при постоянной скорости движения $V_{\max}$ на время рейса T с одной буксировочной тележкой и сцепленным с ней составом вагонов существенно влияет расстояние транспортирования L, а также время конечных операций $t_{\text{п}}$, $t_{\text{р}}$, $t_{\text{ож}}$.

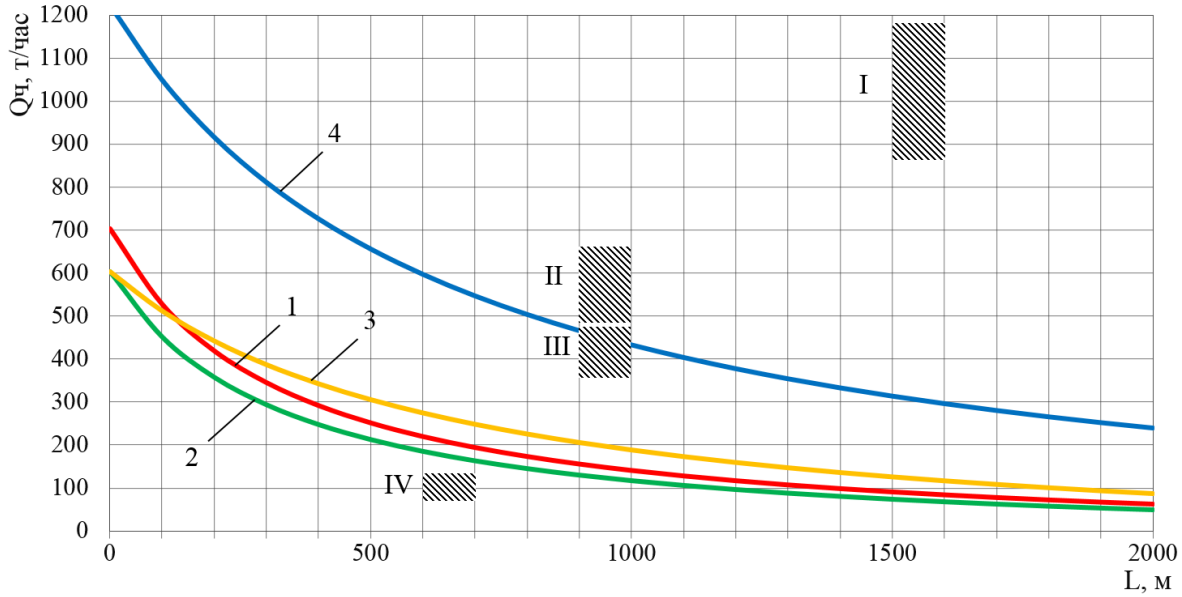


Рис. 3 – Зависимость производительности ДКН от расстояния транспортирования:
1 – ДКНТ-2-315; 2 – КРД1-100Г; 3 – Gauge 650; 4 – Gauge 900

К содержанию

При использовании выражения (1–5) для ДКН различных заводов-изготовителей с одной или двумя рабочими ветвями были получены зависимости производительности ($Q_ч$) от расстояния транспортирования (L) (рис. 3). На графике заштрихованные области указывают на необходимую производительность для карьеров различных типов.

Анализ полученных зависимостей показывает, что при использовании современных серийно выпускаемых ДКН обеспечивается требуемая производительность на карьерах II, III и IV типов с выездной траншей, пройденной до глубины, максимально приближенной к проектной. В этом случае не возникает необходимости в сооружении нескольких трасс, поскольку достаточно одной установки ДКН для обеспечения производительности карьера. Для карьеров I типа, в состав которых, согласно [14], входят глубокие карьеры большой площади, необходимо использование нескольких установок, что с нашей точки зрения нерационально. Расширение области применения ДКН на такие карьеры требует разработки более мощных машин, которые могут производиться на отечественных заводах горного машиностроения.

Согласно [9], время рейса T канатной напочвенной дороги возможно значительно сократить и достичь более высокой производительности канатных напочвенных дорог за счет использования ДКН с двумя рабочими ветвями. Транспортирование составов одновременно в двух направлениях позволяет существенно снизить потребляемую приводом мощность, вдвое сократить время движения $t_{дв}$ состава с буксировочной вагонеткой. При такой схеме также сокращается время концевых операций, благодаря тому, что процессы погрузки и разгрузки двух составов протекают одновременно, поэтому при расчете производительности установки с двумя рабочими ветвями учитывается время для выполнения только одного из процессов с наибольшей продолжительностью.

Время рейса ДКН с двумя рабочими ветвями при условии $t_п > t_р$

$$T = \frac{L}{60K_с V_{max}} + t_п + t_{ож}, \text{ мин.} \quad (6)$$

Время рейса ДКН с двумя рабочими ветвями при условии $t_п < t_р$

$$T = \frac{L}{60K_с V_{max}} + t_р + t_{ож}, \text{ мин.} \quad (7)$$

Выводы

На гранитных и каменных карьерах II, III и IV типов канатные напочвенные дороги, используемые для подъема и транспортирования по поверхности полезного ископаемого до пункта разгрузки на поверхности, обеспечивают необходимые объемы перевозок и могут использоваться в рекомендуемых технологических схемах транспорта. Проведенные расчеты показывают, что на многих гранитных и каменных карьерах возможно обеспечить прямолинейность в плане трассы выездных траншей до проектной глубины. Это дает возможность применять узкоколейные думпкары, например, типа УВС-22 в составе канатных напочвенных дорог для транспортирования горной массы в карьерах. Дальнейшие исследования необходимо проводить в направлении разработки прогрессивных транспортно-технологических схем, учитывающих все многообразие горно-геологических условий щебеночных карьеров стран СНГ, при обосновании технических параметров мощных ДКН для условий глубоких карьеров большой производительности.

Литература

1. Симоненко В.И. К определению предельной глубины разработки нерудных месторождений стройматериалов / В.И. Симоненко, А.В. Черняев // Збірник наукових праць НГУ. - 2004. – № 20. – С. 103 - 106.

К содержанию

2. Буянов Ю.Д. Направления технико-экономического перевооружения открытых горных работ в промышленности строительных материалов / Ю.Д. Буянов, Г. Р. Буткевич, М.И. Лопатников // Горный журнал. – 2009. – № 11. – С. 83 – 85.

3. Совершенствование добычи и переработки пород на щебеночных карьерах / В.П. Воловик и др. // Форум гірників-2010: мат. міжн. конференції : Т. 1. - Днепропетровск: НГУ, 2010. — С. 97 – 104.

4. Симоненко В.И. Новые технологические схемы транспорта при разработке гранитных месторождений / В.И. Симоненко, А.В. Мостыка, А.В. Черняев // Науковий вісник НГУ. – 2007. – № 10. – С. 5 – 7.

5. Шпанский О.В. Технология и комплексная механизация добычи нерудного сырья для производства строительных материалов / О. В. Шпанский, Ю.Д. Буянов. – М.: Недра, 1996. – 462 с.

6. Буянов Ю.Д. Разработка месторождений нерудных полезных ископаемых / Ю.Д. Буянов, А.А. Краснопольский. – М.: Недра, 1980. – 431 с.

7. Буткевич Г.Р. Из истории конвейеризации горных работ / Г.Р. Буткевич // Строительные материалы. – 2005. – №.4 – С.10–11.

8. Денищенко А.В. Оценка эффективности канатных транспортных установок в условиях карьеров / А.В. Денищенко, О.О. Юрченко // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 11 - 12. – С. 49–51.

9. Денищенко А.В. Шахтные канатные дороги / А.В. Денищенко. – Днепропетровск: НГУ, 2011. – 172 с.

10. Tatiya R.R. Surface and Underground Excavations – Methods, Techniques and Equipment / R.R. Tatiya. – London: A.A. Balkema Publishers, 2005. – 562 p.

11. Railcars and Underground Transportation // Coal International. – 2011. – №4/5. – P. 34 – 37.

12. Ширин Л. Н. Канатные дороги при отработке засбросовой части шахты “Павлоградская”/ Л.Н. Ширин, А.В. Денищенко, П.П. Корж // Уголь Украины. – 2006. – № 1. – С. 32 – 34.

13. Симоненко В.И. О целесообразности применения фронтальных колесных погрузчиков на гранитных и каменных карьерах / В.И. Симоненко, А.В. Мостыка, В.Д. Кирнос // Науковий вісник НГУ. - 2007. – № 7. – С. 26 - 29.

14. Симоненко В. И. Систематизация гранитных и каменных карьеров для исследования ресурсосберегающей технологии их разработки / В.И. Симоненко, А.В. Черняев, А.В. Мостыка // Збірник наукових праць НГУ. - 2007. – № 27. – С. 47 - 51.

К содержанию