under the action of gravity, Archimedes and speed pressure stays in equilibrium.

Originality. The mathematical model of a soil particle motion along the generatrix of submarine face suction area has been developed. The submarine face of the hydraulic dredger has been for the first time examined as an area limited by the suction area of the previously distended soil.

Practical value. Analytical dependences for determination of suction stream speed on the border of submarine face suction area allowing a particle to stay in equilibrium have been got. Analytical dependence for determination of pulp suction radius has been obtained. Dependences allow setting the scope of pulp suction area in the submarine face, and defining the volume of soil mined out by the hydraulic dredger.

Keywords: *hydraulic dredger, submarine face, washing out, suction, suction speed, suction radius*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.І. Самусею. Дата надходження рукопису 26.02.12.

УДК 622.68: 622.625.5

Л.Н. Ширин, д-р. техн. наук, проф.,
А.В. Денищенко, канд. техн. наук, доц.,
О.О. Юрченко, Д.В. Михалев

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: urchenkooo@mail.com

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ КАНАТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

L.N. Shirin, Dr. Sci. (Tech.), Professor,
A.V. Denishchenko, Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Professor,
O.O. Yurchenko, D.V. Mikhalev

State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: urchenkooo@mail.com

METHODOLOGY FOR DETERMINATION OF ROPE VEHICLES ENERGY CONSUMPTION

Цель. Разработка методики определения энергетических затрат канатных транспортных средств для расширения области эффективного их применения в условиях горного производства.

Методика. Решение поставленных в работе задач выполнялось комплексно путем анализа существующих подходов к определению энергозатрат на открытых горных работах, обобщения возможных схем канатной откатки грузов, выбора единого критерия оценки и составления алгоритма расчета расхода энергии на перемещение грузов.

Результаты. В работе обобщены и систематизированы существующие подходы к оценке энергетической эффективности транспортных систем открытых горных работ и выделены наиболее значимые из факторов, оказывающих на нее влияние.

Разработан алгоритм определения удельной энергоемкости процесса транспортирования канатными системами и установлены зависимости расхода энергии от угла наклона выработки для рекомендуемых транспортно-технологических схем доставки грузов.

Научная новизна. Впервые получены зависимости энергозатрат установок канатного транспорта от угла наклона выработки в условиях открытых горных работ и на основании их анализа предложены рациональные транспортно-технологические схемы.

Практическая значимость. Разработаны рекомендации по внедрению канатных напочвенных дорог на открытых горных работах, позволяющих снизить на 30% энергопотребление в системах транспорта.

Ключевые слова: *оценка эффективности, энергоемкость, канатная напочвенная дорога, энергетический метод, энергетический критерий*

Постановка проблемы. Транспортирование горной массы является самым энергоемким и дорогостоящим процессом на открытых горных работах. На действующих карьерах наибольшее распространение получил автомобильный транспорт, серьезными недостатками которого являются высокие энергоемкость и стоимость транспортирования. В работах [1, 2] доказано, что с понижением глубины карьеров автотранспорт целесообразно использовать только в качестве сборочного, когда в полной мере реализуются такие достоинства этого вида транспорта как мобильность, автономность, маневренность и др.

Однако, с позиции энергопотребления, для подъема горной массы на поверхность карьера высокой эффективностью обладают канатные скиповые подъемники [3, 4]. Возможность применения канатного транспорта на открытых горных работах также рассмотрена в работе [5], где дана оценка целесообразности применения канатных напочвенных дорог (ДКН), которые нашли широкое применение на угольных шахтах Украины и за рубежом для перевозки материалов, оборудования и людей.

Цель работы – разработка методики определения энергетических затрат канатных транспортных средств для расширения области эффективного их применения в условиях горного производства.

© Ширин Л.Н., Денищенко А.В., Юрченко О.О., Михалев Д.В., 2012

Задачи:

1. Анализ существующих подходов к оценке энергетической эффективности схем и средств комплексной механизации технологических процессов на открытых горных работах.

2. Разработка методики энергетической оценки транспортирования горной массы канатными видами транспорта для применения их в условиях действующих карьеров.

Анализ последних исследований. Для оценки эффективности систем разработки месторождений полезных ископаемых исследователи и проектировщики обычно используют технико-экономический метод, серьезным недостатком которого является зависимость от инфляционных процессов, часто изменяющихся цен на энергоносители, оборудование, запчасти, услуги и т.д. В условиях роста стоимости энергоносителей особую актуальность приобретает оценка эффективности систем разработки месторождений и применяемого оборудования с помощью энергетического критерия, учитывающего натуральные, не подверженные влиянию времени и конъюктуры рынка, физические величины затраченной энергии.

Вопросу эффективности карьерного оборудования посвящены многочисленные работы отечественных и зарубежных исследователей, в которых рассматриваются различные подходы к учету энергии, затраченной на выполнение технологических процессов. При разработке методики энергетической оценки канатных видов транспорта известные исследования были разделены на две группы. К первой группе были отнесены исследования [1, 6, 7], где доказана возможность использования энергетического критерия для оценки систем разработки месторождений полезных ископаемых и комплектов горного оборудования, ко второй – работы [3, 4, 8, 9], направленные на исследование затрат энергии транспортными средствами горных предприятий.

С позиции учета энергозатрат на подъемно-транспортные процессы и операции представляет интерес метод, предложенный в работе [3], где введен коэффициент использования энергии – отношение теоретически необходимой энергии на подъем 1 т. груза на высоту Н к фактически затраченной, выраженных в килограммах условного топлива. Автор подчеркивает, что наиболее объективной оценка получается при сравнении фактических расходов энергоносителя на уровне производителя электроэнергии. Следует подчеркнуть, что недостатком данной методики является использование показателей расхода удельного топлива на выработку 1 кВт·ч электроэнергии и потерь энергии в магистральных линиях энергосистемы, значения которых значительно изменяются во времени.

В работе [4], для энергетической оценки транспортных систем глубоких карьеров, авторы также переводят расход электроэнергии и дизельного топлива к расходу первичных энергоресурсов – „условному топливу“. Однако приведение затрат энергоносителей в сопоставимый вид осуществляется с помощью большего количества коэффициентов, учитывающих затраты энергии на получение, добычу и транспортирование дизтоплива, разницу удельной теплоты сгорания дизельного и условного топлива, затраты условного топлива на получение 1 кВт·ч электроэнергии, потери электроэнергии при передаче и распределении. Использование данной методики связано с трудностями определения значений данных коэффициентов, которые зависят от множества неизвестных и трудно прогнозируемых факторов.

В исследованиях энергетической эффективности железнодорожного транспорта на открытых горных работах [8] автор использует затраты энергии (Дж/т.) с учетом расхода топлива и электроэнергии, затрат энергетических ресурсов на создание технических средств, энергетических затрат труда и расхода энергии на предотвращение вредного воздействия на окружающую среду. Необходимо отметить, что энергетические затраты на изготовление автосамосвалов, локомотивов, экскаваторов, строительство автомобильных дорог, железнодорожного пути, сопутствующей инфраструктуры определяются суммой энергозатрат, затрачиваемых на получение исходных материалов и компонентов. В условиях рыночных отношений выполнить достоверный учет затрат по указанным позициям практически невозможно.

Особенности энергетического метода расчета энергозатрат карьерного транспорта представлены в работе [9]. С целью корректного сравнения энергетических затрат, механическую энергию приводов авторы приводят к чистой массе транспортируемых грузов и кратчайшему расстоянию перевозки. При этом затраты энергии на единицу фактического расстояния транспортирования горной массы, на наш взгляд, представляют больший интерес, так как расход энергии используется и при дальнейших расчетах экономических показателей.

Изложение основного материала. Результаты выполненного анализа существующих подходов к определению энергозатрат на подъемно-транспортные операции послужили исходной базой для разработки методики энергетической оценки схем канатной откатки. Для вспомогательного транспортирования грузов на горных предприятиях часто применяются канатные откатки по горизонтальным, слабонаклонным, а также наклонным (с углами наклона до 30°) выработкам. Существующие конструкции транспортных установок с канатным тяговым органом можно привести к пяти характерным схемам (рис. 1).

С учетом вышеизложенного, определить влияние основных параметров на энергопотребление откатки, а также сравнить ее схемы относительно затрат энергии представляется возможным, используя величину удельной энергоемкости перевозимой единицы груза (кг) на единицу длины (м). Из опыта эксплуатации средств канатной откатки известно, что наиболее энергоемким процессом считается движение груза вверх. В связи с этим будем считать, что движение составов в схемах *а*, *б*, *г* и одного из составов в схемах *в*, *д* соответствует перемещению груза вверх.

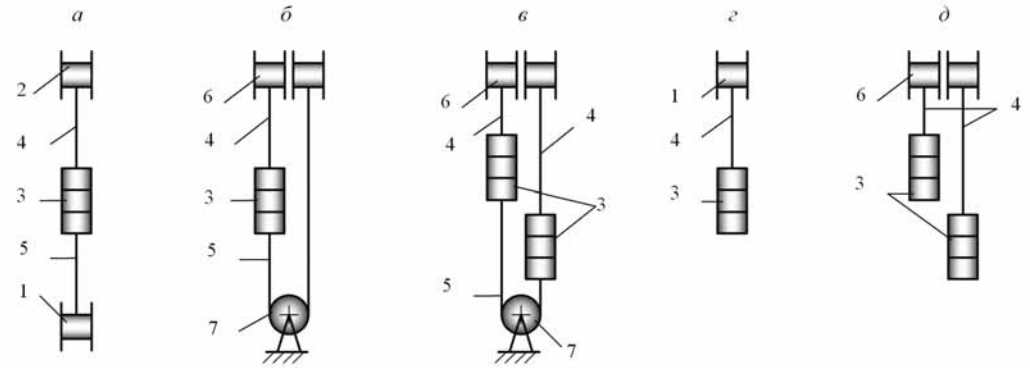

Рис. 1. Схемы канатных откаток: а, б, в – по горизонтальным (α < 6°); г, д – по наклонным (α = 6° ÷ 30°) выработкам (1, 2 – однобарабанные лебедки; 3 – состав вагонеток; 4, 5 – канаты; 6 – двухбарабанная лебедка или лебедка со шкивом трения; 7 – концевой шкив); здесь α – угол наклона пути

Введем следующие обозначения основных параметров, то есть величин, характеризующих канатную откатку: m_o – масса порожней вагонетки, кг; m – грузоподъемность вагонетки, кг; $m_б$ – масса буксира, кг; p_k – погонная (линейная) масса каната вместе с вращающейся частью поддерживающих роликов, кг/м; z – число вагонеток в составе (одинаково для груженого и порожнего состава); α – угол наклона выработки, град; L – длина откатки, м; w, $w_к$ – коэффициенты сопротивления движению вагонеток и каната соответственно; η – КПД электродвигателя и редуктора.

Обозначим вспомогательные (производные) от основных величин

$K_{тс} = \dfrac{zm_0 + m_б}{zm}$ – коэффициент тары состава;

$K_{тк} = \dfrac{m_к}{zm}$ – коэффициент тары движущегося каната,

где $m_к = p_к L_к$ – масса движущегося одновременно с составом вагонеток каната (одной или двух его ветвей) совместно с массой вращающихся частей поддерживающих роликов; $L_к$ –длина каната.

Для схем канатной откатки *а*, *б*, *г* один цикл состоит их двух рейсов, например груженого вверх и порожнего вниз, а для схем *в*, *д* – из одного рейса груженого состава вверх и одновременно порожнего вниз.

Определим расход энергии на перемещение груза вверх (вариант 1) за один цикл, который включает движение состава с грузом вверх и затем – порожнего вниз. С этой целью выполним приведенные ниже вычисления.

Сила, затрачиваемая только на перевозку груза от пункта *1* (нижняя лебедка) к пункту *2* (верхняя лебедка), равна

$$F_{гр} = zmg(\cos\alpha \cdot w + \sin\alpha).$$

Сила для перемещения каната вверх

$$F_{кан} = Lp_к g(\cos\alpha \cdot w_к + \sin\alpha).$$

Сила для перемещения состава

$$F_{тар} = (zm_0 g + m_б g)(\cos\alpha \cdot w + \sin\alpha).$$

Общее значение силы, затрачиваемой на движение груженого состава от пункта *1* к пункту *2*, составит

$$F_{общ}^{гр} = (zm_0 g + m_б g + zmg)(\cos\alpha \cdot w + \sin\alpha) + Lp_к g(\cos\alpha \cdot w_к + \sin\alpha).$$

Общее значение силы для перемещения порожнего состава вниз вместе с канатом равно

$$F_{общ}^{пор} = (zm_0 g + m_б g)(\cos\alpha \cdot w - \sin\alpha) + Lp_к g(\cos\alpha \cdot w_к - \sin\alpha).$$

Полная величина полезной работы A_{n1}, затрачиваемой на транспортный цикл (вариант 1) при $F_{общ}^{пор} \geq 0$, определяется в следующей последовательности

$$A_{n1}^{гр} = F_{общ}^{гр} \cdot L = L[(zm_0 g + m_б g + zmg)(\cos\alpha \cdot w + \sin\alpha) + Lp_к g(\cos\alpha \cdot w_к + \sin\alpha)];$$

$$A_{n1}^{пор} = F_{общ}^{пор} \cdot L = L[(zm_0 g + m_б g)(\cos\alpha \cdot w - \sin\alpha) + Lp_к g(\cos\alpha \cdot w_к - \sin\alpha)];$$

$$A_{n1} = A_{n1}^{гр} + A_{n1}^{пор} = L[2zm_0 g\cos\alpha w + 2m_б g\cos\alpha w + zmg(\cos\alpha \cdot w + \sin\alpha) + 2Lp_к g\cos\alpha \cdot w_к].$$

При $F_{общ}^{пор} < 0$ для $A_{n1}^{\prime пор}$ схем *а*, *б*, *г* работа по перемещению состава вниз совершается силами гравитации и полная величина полезной работы A'_{n1} тогда определяется по формуле

$$A'_{n1} = A_{n1}^{\prime гр} = F_{общ}^{\prime гр} \cdot L = L[(zm_0 g + m_б g + zmg) \times (\cos\alpha \cdot w + \sin\alpha) + Lp_к g(\cos\alpha \cdot w_к + \sin\alpha)].$$

Используя приведенные выше обозначения, можно записать, что

$$A_{n1} = L[2zmK_{тс} g\cos\alpha w + zmg(\cos\alpha \cdot w + \sin\alpha) + 2zmK_{тк} g\cos\alpha w_к];$$

$$A'_{n1} = L[(zmK_{тс} g + zmg)(\cos\alpha \cdot w + \sin\alpha) + zmK_{тк} g(\cos\alpha \cdot w_к + \sin\alpha)].$$

Затраченная работа $A_з$ определяется по формуле

$$A_з = A_n \cdot \eta^{-1}.$$

Расход потребляемой двигателем энергии E_1 на один транспортный цикл ДКН (вариант 1) определяется по формуле

$$E_1 = A_{з1} = L[2zmK_{тс}g\cos\alpha\cdot w + zmg(\cos\alpha\cdot w + \sin\alpha) + 2zmgK_{тк}\cos\alpha w_к]\eta^{-1};$$

$$E_1' = A_{п1}' = L[(zmK_{тс}g + zmg)(\cos\alpha\cdot w + \sin\alpha) + zmK_{тк}g(\cos\alpha\cdot w_к + \sin\alpha)]\eta^{-1}.$$

При этом масса груза, перевозимого за цикл на расстояние L, равна величине zm.

Удельный расход энергии (на 1 м на 1 кг)

$$e_1 = \frac{E_1}{Lzm =} = g[\cos\alpha(2K_{тс}w + 2K_{тк}w_к + w) + \sin\alpha]\eta^{-1};$$

$$e_1' = \frac{E_1'}{Lzm =} = g[(K_{тс}+1)(\cos\alpha\cdot w + \sin\alpha) + K_{тк}(\cos\alpha\cdot w_к + \sin\alpha)]\eta^{-1}.$$

Аналогично получены выражения, по которым определяют удельные затраты механической энергии относительно всех пяти вариантов откаток на уклоне. В таблице приведены формулы для каждого из вариантов откатки при подъеме груза вверх.

Таблица

Удельный расход энергии при наклонной откатке (рис. 1.)

Вариант откатки	**Выражения для определения удельного расхода *e***	
	$F_{общ}^{пор} \geq 0$	$F_{общ}^{пор} < 0$
а	$e_1 = g[\cos\alpha(2K_{тс}w + 2K_{тк}w_к + w) + \sin\alpha]\cdot\eta^{-1}$	$e_1' = g[(K_{тс}+1)(\cos\alpha\cdot w + \sin\alpha) + K_{тк}(\cos\alpha\cdot w_к + \sin\alpha)]\cdot\eta^{-1}$
б	$e_2 = g[\cos\alpha(2K_{тс}w + 4K_{тк}w_к + w) + \sin\alpha]\cdot\eta^{-1}$	$e_2' = g[(K_{тс}+1)(\cos\alpha\cdot w + \sin\alpha) + 2K_{тк}\cos\alpha\cdot w_к]\cdot\eta^{-1}$
в	$e_3 = g[\cos\alpha(2K_{тс}w + 2K_{тк}w_к + w) + \sin\alpha]\cdot\eta^{-1}$	$e_3' = g[\cos\alpha(2K_{тс}w + 2K_{тк}w_к + w) + \sin\alpha]\cdot\eta^{-1}$
г	–	$e_4' = g[(K_{тс}+1)(\cos\alpha\cdot w + \sin\alpha) + 0{,}5K_{тк}(\cos\alpha\cdot w_к + \sin\alpha)]\cdot\eta^{-1}$
д	–	$e_5' = g[\cos\alpha(2K_{тс}w + K_{тк}w_к + w) + \sin\alpha]\cdot\eta^{-1}$

С помощью указанных выражений исследована зависимость удельной энергоемкости каждой из схем от угла наклона выработки (рис. 2).

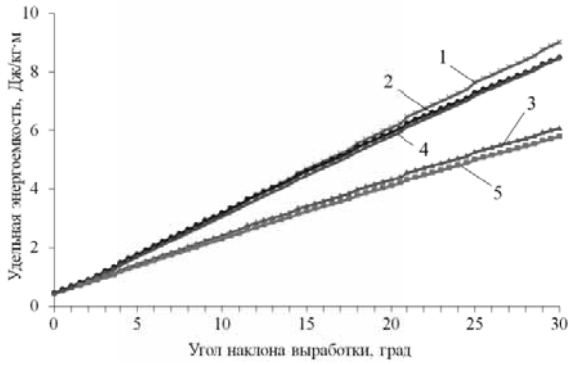

Рис. 2. Удельная энергоемкость транспортирования груза канатными установками, в зависимости от угла наклона выработки (рис. 1.): 1 – схема а; 2 – схема б; 3 – схема в; 4 – схема г; 5 – схема д

Анализ полученных зависимостей показал низкую удельную энергоемкость схем с двумя рабочими ветвями (схемы *в*, *д*), что обеспечивается за счет использования уравновешивающей ветви.

Учитывая возможность применения откаток схемы *в* как в горизонтальных, наклонных, так и в выработках со знакопеременным профилем, при незначительной разнице в энергопотреблении, по сравнению со схемой *д*, дальнейшие работы следует направить на исследование транспортных установок с канатным тяговым органом, соответствующих схеме *в*. Именно к таким установкам относятся канатные напочвенные дороги с двумя рабочими ветвями.

Использование ДКН с двумя рабочими ветвями позволяет снизить удельную энергоемкость до 32% по сравнению с другими вариантами концевой откатки с одной рабочей ветвью.

Выводы. Рассмотренные примеры использования энергетического подхода свидетельствуют об отсутствии на современном этапе единой методологии энергетического анализа технологических процессов добычи полезного ископаемого. Применение энергетической оценки дополнительно к финансовой позволяет определить ресурсосберегающие технологии и проанализировать одну из наиболее затратных статей калькуляции себестоимости. При этом существует вероятность несовпадения со стоимостными показателями, что особенно ярко выражено при энергетической оценке эффективности оборудования и технологических процессов, которые используют разные энергоносители с различной стоимостью единицы энергии. С помощью методики энергетической оценки транспортирования грузов канатными видами транспорта исследована удельная энергоемкость транспортирования горной массы при различных схемах канатной откатки. С точки зрения энергопотребления канатные откатки с двумя рабочими ветвями являются наиболее эффективными, поэтому целесообразно использовать канатные напочвенные дороги именно такой конструкции.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на создание комплексного критерия эффектив-

ности транспортно-технологических схем на основе энергетической и денежной оценки, который не будет подвержен влиянию инфляции и сможет всесторонне характеризовать эффективность разработки месторождения полезных ископаемых, а также на разработку технологических схем применения и обоснование параметров канатных напочвенных дорог на открытых горных работах.

Список литературы / References

1. Анистратов Ю.И. Технологические процессы открытых горных работ / Ю.И. Анистратов – М.: Недра, 1995. – 351 с.

Anistratov, Yu.I. (1995), *Tekhnologicheskie protsessy otkrytykh gornykh rabot* [Technological Processes of Open Cast Mining], Nedra, Moscow, Russia.

2. Анистратов Ю.И. Расчетно-теоретические предпосылки энергосбережения на рудных карьерах / Ю.И. Анистратов, С.А. Гончаров // Горный журнал. – 2009. – №11. – С. 21–23.

Anistratov, Yu.I. and Goncharov, S.A. (2009), "Estimated and theoretical conditions of energy saving at an ore opencast mine", *Gornyy zhurnal*, no.11, pp. 21–23.

3. Сорокин Л.А. Энергетическая оценка технических средств карьерного транспорта / Л.А. Сорокин // Известия ВУЗов. Горный журнал. – 1991. – №4. – С. 88–94.

Sorokin, L.A. (1991), "Energy estimation of opencast mine transport facilities", *Izvestiia VUZov. Gornyy zhurnal*, no.4, pp. 88–94.

4. Лель Ю.И. Энергоемкость транспортных систем карьеров: оценка и перспективы / Ю.И. Лель, Г.А. Ворошилов // Горная техника. – 2007. – С. 102-108.

Lel, Yu.I. and Voroshilov, G.A. (2007), "Energy consumption of transport systems of opencast mines: assessment and prospects", *Gornaia tekhnika*, pp. 102–108.

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

Denishchenko, A.V. and Yurchenko, O.O. (2010), "Evaluation of cable transport installations effectiveness in the environment of open cast", *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Hirnychoho universytetu*, no.11–12, pp. 102–108.

6. Симоненко В.І. Технологічні основи розробки нерудних родовищ з внутрішньокар'єрним складуванням відходів гірничого виробництва: Автореф. дис. д-ра. техн. наук: 05.15.03 / В.І. Симоненко; [ДВНЗ „НГУ"]. – Дніпропетровськ, 2003. – 38 с.

Symonenko, V.I. (2003), "Technological basis of mining of non-metalliferous deposits with in-colliery waste dumping", Abstract of Ph.D. dissertation, Opencast mining of useful mineral deposits, National Mining University, Dnipropetrovsk, Ukraine.

7. Темченко А.Г. Наукові основи оцінки і вибору енергозберігаючих технологій відкритої розробки залізорудних родовищ: Автореф. дис. д-ра. техн. наук: 05.15.03 / А.Г. Темченко; [ДВНЗ „НГУ"]. – Дніпропетровськ, 2001. – 33 с.

Temchenko, A.G. (2001), "Scientific fundamentals of evaluation and selection of energy saving technology of opencast mining of iron ore deposits", Abstract of Dr. Sci. (Tech.). dissertation, Opencast mining of useful mineral deposits, National Mining University, Dnipropetrovsk, Ukraine.

8. Смородинова Л.А. Определение энергетических затрат на железнодорожном транспорте открытых горных работ / Л.А. Смородинова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – №3. – С. 206–209.

Smorodinova, L.A. (2006), "Definition of energy consumption of railway transport in open cast mining", *Gornyy informatsionno-analiticheskiy biulleten*, no.3, pp. 206–209.

9. Раац В. Расчет энергозатрат горнодобывающего оборудования / В. Раац, У. Ментгес, Г.Э. Потапкин // Глюкауф. – 2010. – №1. – С. 36–40.

Raaz, V., Mentges, U. And Potapkin, G.E. (2010), "Calculation of the energy costs of mining equipment", *Gluckauf*, no.1, pp. 36–40.

Мета. Розробка методики визначення енергетичних витрат канатних транспортних засобів для розширення сфери ефективного їх застосування в умовах гірничого виробництва.

Методика. Рішення поставлених у роботі завдань виконувалося комплексно шляхом аналізу існуючих підходів до визначення енерговитрат на відкритих гірничих роботах, узагальнення можливих схем канатної відкатки вантажів, вибору єдиного критерію оцінки та складання алгоритму розрахунку витрат енергії на переміщення вантажів.

Результати. У роботі узагальнено і систематизовано існуючі підходи до оцінки енергетичної ефективності транспортних систем відкритих гірничих робіт і виділено найбільш значущі з чинників, що впливають на неї.

Розроблено алгоритм визначення питомої енергоємності процесу транспортування канатними системами і встановлено залежності витрат енергії від кута нахилу виробки для рекомендованих транспортно-технологічних схем доставки вантажів.

Наукова новизна. Уперше отримано залежності енерговитрат установок канатного транспорту від кута нахилу виробки в умовах відкритих гірничих робіт і на підставі їх аналізу запропоновано раціональні транспортно-технологічні схеми.

Практична значимість. Розроблено рекомендації із впровадження канатних надґрунтових доріг на відкритих гірничих роботах, що дозволяють знизити на 30% енергоспоживання в системах транспорту.

Ключові слова: *оцінка ефективності, енергоємність, канатна надґрунтова дорога, енергетичний метод, енергетичний критерій*

Purpose. To develop the methodology for determining energy consumption of rope vehicles in order to extend the field of its efficient implementation in mining industry.

Methodology. The solution of the tasks was executed in a complex by analyzing the existing approaches of determination of energy consumption in open cast mining,

generalizing the possible schemes of cargoes haulage by the rope transport, choosing the single criterion for evaluation of energy required for moving of cargoes and making the algorithm of its calculation.

Findings. Existing methodologies for determining energy efficiency of transport systems of open cast mines have been generalized and systematized, and the most significant factors determining it have been identified.

Algorithm of determination of specific energy consumption of transportation by means of rope systems has been developed and dependence of energy consumption on the inclination angle of the mine working for recommended transport and technological delivery schemes of cargo have been set.

Originality. Dependences of energy consumption on the inclination angle of the mine working of rope transport facilities in opencast mining have been established for the first time and on the basis of this analysis the rational transport and technological schemes have been offered.

Practical value. Recommendations about introduction of the surface rope road in opencast mining have been developed. Use of surface rope roads reduces transport system energy consumption by 30%.

Keywords: *assessment of efficiency, energy consumption, surface rope road, energetic method, energy criterion*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.С. Пригуновим. Дата надходження рукопису 21.05.12.

УДК: 622.266.001.57

В.И. Пилюгин[1], д-р техн. наук,
А.В. Мартовицкий[1], канд. техн. наук,
А.Е. Кочин[2], канд. техн. наук, доц.,
А.Н. Романов[2]

1 – ПАО „ДТЭК Павлоградуголь“, г. Павлоград, Украина, e-mail: v_domna@yahoo.com
2 – Государственное высшее учебное заведение „Донецкий национальный технический университет“, г. Донецк, Украина

ГОРНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ К ПАКЕТУ AUTOCAD

V.I. Pilyugin[1], Dr. Sci. (Tech.),
A.V. Martovitskiy[1], Cand. Sci. (Tech.),
A.Ye. Kochin[2], Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor,
A.N. Romanov[2]

1 – Public Joint-Stock Company “Donbass Fuel Energy Company “Pavlogradugol”, Pavlograd, Ukraine, e-mail: v_domna@yahoo.com
2 – State Higher Educational Institution “Donetsk National Technical University”, Donetsk, Ukraine

MINING-GRAPHICAL APPLICATION TO AUTOCAD

Цель. Разработать трехмерную 3D модель сети горных выработок для угольных шахты ПАО „ДТЭК „Шахта Комсомолец Донбасса“.

Методика. В области технических продуктов моделирования и визуализации в последнее время наиболее значимым является пакет AutoCAD, на базе которого, в результате множественных разработок, было создано программное обеспечение PLAST, позволяющее использовать его как полноценное горно-графическое приложение к пакету AutoCAD. Разделяясь на три структурных элемента, данный программный продукт значительно упрощает (благодаря существенной автоматизации действий с объектами) работу с визуализацией элементов, построением проекций горных выработок, визуализацией геологических условных обозначений, перенесением на проекции вертикальных вскрывающих и разведочных выработок: стволов, шурфов, сети геологоразведочных скважин с проекциями их отклонений, отметками и всеми необходимыми технологическими данными.

Результаты. Программный продукт позволяет качественно выполнять прогнозирование геомеханических условий разработки угольных пластов в различных горно-геологических условиях. Приведены примеры выкопировок из обычного и совмещенного планов горных выработок пласта. Рассмотрена широкопрофильность использования приложений программы в моделировании и проектировании шахтных объектов. Отражены технические аспекты работы с программой и кратко охарактеризованы программные модули построения 3D модели.

Научная новизна. Сформированы электронные планы горных выработок и построены 3D модели систем подготовительных выработок глубоких угольных шахт. Установлены закономерности прогнозирования геомеханических условий ведения горных работ на пликативно нарушенных угольных пластах по форме их залегания.

Практическая значимость. Создана библиотека планов горных выработок, включающая 44 шахтопласта 22-х крупных угледобывающих предприятий Донецкой и Луганской областей. Главным достижением стала разработка программного обеспечения PLAST, которое можно использовать как полноценное горно-графическое приложение к пакету AutoCAD.

Ключевые слова: *компьютерное моделирование, горная выработка, 3D модель, программное обеспечение, проектирование, программный продукт*

Анализ последних исследований. В настоящее время наиболее распространенным и востребованным программным продуктом в области технического проектирования и визуализации его результатов является пакет AutoCAD, разработанный известной американской фирмой AutoDesk. За всю свою доста-

© Пилюгин В.И., Мартовицкий А.В., Кочин А.Е., Романов А.Н., 2012