

АНАЛИЗ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА КАРЬЕРЕ «КАЛЬМАКЫР»

Абдусаматова Нодира Сайдулла кизи

Ассистент кафедры “Горное дело” Алмалыкский филиал Ташкентский государственный технический университет

Самадова Гули Мирджоновна

Канд. техн. наук, доцент декан факультета горных работы, Горно-металлургический институт Таджикистан

ARTICLE INFO.

Ключевые слова:

Автомобильный транспорт,
железнодорожный транспорт,
конвейерный транспорт,
комбинированный транспорт,
транспортные технологические
схемы.

Аннотация

Транспортировка рудной массы на месторождении Кальмакыр электрифицированным способом по циклической технологии, а также измельчение и транспортировка рудной массы по конвейерным линиям ЦТП является одним из наиболее энергоемких процессов. В условиях месторождения Кальмакыр увеличение глубины горных работ сопровождается увеличением доли электроэнергии, используемой для транспортировки рудной массы, в общем объеме электроэнергии. Таким образом, было проведено исследование для поиска методологического подхода, который позволил бы глубоко оценить энергоэффективность различных видов транспорта, чтобы снизить негативное влияние на эффективность добычи на руднике Кальмакыр.

<http://www.gospodarkainnowacje.pl/> © 2022 LWAB.

Особенностью развития открытых горных работ на больших глубинах является усложнение горнотехнических условий разработки. С увеличением глубины карьеров ухудшаются технико-экономические показатели горных работ, что обуславливается увеличением длины транспортных коммуникации, ростом количество единиц транспортного оборудования. Отмеченные отрицательные тенденции, связанные с понижением горных работ, характерны и для карьера Кальмакыр, горные работы в котором в перспективе могут опуститься до глубины 550 м и более. Для уменьшения негативного влияния глубины карьера на эффективность горных работ проведены исследование по изысканию методического подхода, позволяющего оценить энергетическую эффективность различных видов транспорта глубоких карьеров.

Энергетический метод оценки открытых горных работ получил наибольшее развитие в трудах проф. И.А. Тангаева. В любом технологическом процессе он выделяет три энергетические составляющие: теоретическую энергоемкость процесса расчетное удельное количество энергии,

необходимое для заданного измерения физического состояния и пространственного положения объекта; удельное энергопотребление – полное количество энергии, израсходованной в данном технологическом процессе на единицу продукции; удельную энергоемкость процесса – физическое удельное количество энергии, расходуемой в реальном технологическом процессе на изменение физического состояния и пространственного положения единицы массы или объема породы.

Общепринятым показателем энергопотребления горных предприятий является удельный расход электроэнергии на 1 т горной массы, составляющий в глубоком карьере Кальмакыр 1,33 кВт ч (табл 1).

Таблица 1. Структура энергопотребления в карьере Кальмакыр

Технологический процесс	Удельный расход энергии			
	Натуральные значения		Условное топливо г/т	%
	кВт·ч/т	г/т		
Бурение	0,11	-	49,50	3,9
Экскавация	0,20	-	90,00	7,2
Комплекс ЦПТ	0,78	-	351,03	27,8
Отгрузка руды	0,11	-	49,50	3,9
Вспомогательные процессы	0,13	-	58,50	4,7
Автомобильный транспорт	-	343,20	662,13	52,5
Всего по карьере	1,33	343,20	1260,66	100

На карьерах с цикличной технологией наиболее энергоемкими являются процессы транспортирования горной массы электрифицированным железнодорожным транспортом, а также дробление и транспортирование горной массы автомобильным транспортом ЦПТ. Увеличение глубины горных работ сопровождается ростом удельного веса электропотребления на транспортирование горной массы в общем расходе электроэнергии. Так, удельный вес электропотребления на транспортирование горной массы железнодорожным транспортом.

Значительная роль в научно-техническом прогрессе открытой разработки принадлежит ЦПТ. Внедрение схем циклично-поточной технологии влечет за собой структурные и количественные изменения в формировании электрических нагрузок карьеров. Доля электропотребления комплексами ЦПТ в общем расходе электроэнергии по карьере изменяется от 15,5% (ЮГОК) до 40,9% (ИнГОК), что объясняется различными режимами работы дробилок и значениями их производительности.

Энергия дизельного топлива является вторым по значимости видом энергии, используемой в горнорудном производстве. Основной расход дизельного топлива (около 95%) связан с транспортированием горной массы.

Потребление дизтоплива на карьерном автотранспорте в карьере Кальмакыр представлено в табл. 2

Таблица 2. Расход дизтоплива технологическим автотранспортом на карьере Кальмакыр

Показатель	2020 год
Объем перевозок, млн т	76,736
Грузооборот, млн ткм	253,165
Среднее расстояние транспортирования, км	3,3
Расход дизтоплива, тыс.т	22,7

Удельный расход дизтоплива, г/ткм	104
Коэффициент использования парка, %	45,7

Общепринятым показателем энергопотребления карьерных автосамосвалов является удельный расход дизтоплива на единицу грузооборота (г/ткм) или на 1 т перевозной горной массы (г/т). Он определяется факторами, которые можно разделить на две основные группы.

1. Горнотехнические и организационные условия эксплуатации автосамосвалов, включающие: расстояние транспортирования, высоту подъема горной массы, руководящий и средневзвешенный уклон автодорог, состояние и транспортно-эксплуатационные качества дорожного покрытия, продолжительность погрузо-разгрузочных и маневровых операций в транспортном цикле, коэффициенты использования пробега, грузоподъемности и др.

2. Конструктивные параметры, включающие: удельную мощность, коэффициент тары, коэффициент полезного действия трансмиссии, удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя и др.

Под удельной энергоемкостью мы понимаем полное количество энергии, израсходованное в данном технологическом процессе на единицу продукции, т.е. то же, что и удельное энергопотребление. Такой подход получил наибольшее распространение в практике открытых горных работ. Для современной научной литературы характерно использование международной системы единиц. Единой физической величиной, характеризующей любой вид энергии, является джоуль (Дж). Путем введения переводных коэффициентов энергия любого вида может быть приведена к единой размерности. Для процессов открытых горных работ наиболее подходящим масштабом являются кДж и МДж, соответственно, удельная энергоемкость может быть выражена в кДж/т, кДж/м³, МДж/т и МДж/м³.

Удельная энергоемкость технологической схемы горных работ ($\omega_{T.c}$) определяется суммой удельных энергоемкостей отдельных технологических процессов.

$$\omega_{T.c} = \sum_{i=1}^n \omega_i$$

где ω_i - удельная энергоемкость первого технологического процесса, кДж/т; n – количество технологических процессов. Состав технологических процессов определяется структурой комплексной механизации горных работ и видом добываемой горной массы. Так, при комбинированном транспорте технологическая схема вместе с бурением, взрыванием, экскавацией и транспортированием включает так же процесс перегрузки горной массы со сборочного на магистральный транспорт, при ЦПТ – процесс дробления на выемке вскрышных пород и не кондиционных руд – процессы отвалообразования или складирования. Если горные работы в карьере ведутся по нескольким технологическим схемам, то общая удельная энергоемкость определяется из выражения

$\omega_k = \frac{\sum_{j=1}^m \omega_{T.cj} V_j}{\sum_{j=1}^m V_j}$ где $\omega_{T.cj}$ - удельная энергоемкость железнодорожной технологической схемы горных работ; m-количество технологических схем ;

V_j - объем выемки и транспортирования горной массы по железнодорожной технологической схеме; $\sum_{j=1}^m V_j = \Pi_k$ - производительность карьера по горной массе, т/год.

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega_k \rightarrow \min \\ \omega_{T.c} = \sum_{j=1}^n \omega_j \rightarrow \min \end{array} \right.$$

Опыт исследований показывает, что удельная энергоёмкость может быть использована в качестве критерия оптимизации технологических процессов горных работ. Стратегия оптимизации должна исходить из принципов.

Рассмотренные виды энергии характеризуются: удельной стоимостью, поэтому в качестве комплексного критерия оптимизации можно использовать стоимостную оценку удельных энергозатрат. Для технологической схемы

$$\omega_{T.c.} \cdot P_{T.c.} = [(\omega_{\delta} + \omega_e + \omega_o + \omega_T + \omega_d + \omega_{II} + \omega_o)P_o + \omega_e + P_e + \omega_{d,T}P_T] \rightarrow \min$$

где $P_{T.c.}$ – средневзвешенная стоимость 1 кДж энергии на рассматриваемой технологической схеме, руб;

P_o – стоимость 1кДж электроэнергии, руб;

P_e – стоимость 1 кДж химической энергии ВВ, руб;

$\omega_{d,T}$ – удельный расход тепловой энергии дизтоплива на рассматриваемой технологической схеме, кДж/т;

P_T – стоимость 1 кДж тепловой энергии дизтоплива, руб.

При энергетической оценке схем вскрытия и транспортных систем карьеров, отличающихся не только структурой комплексной механизации, но и объемами вскрышных работ, в качестве критерия целесообразно использовать удельные энергозатраты на добычу 1т сырой руды. В этом случае целевая функция принимает вид

$$\sum_{j=1}^T \omega_{pj} = \sum_{j=1}^T \omega_{Г.мj} (1 + k_{Bj}) \rightarrow \min$$

где ω_{pj} – удельные энергозатраты на добычу 1 т руды в году, кДж;

T – период оценки, лет;

$\omega_{Г.мj}$ – удельные энергозатраты на добычу 1 т горной массы в году, кДж/т; k_{Bj} – текущий коэффициент вскрыши в $г$ -м году, т/т.

По аналогии с экономической оценкой при сравнении вариантов транспортных систем затраты энергии прошлых и будущих периодов можно приводить к текущему моменту с помощью коэффициента приведения, рассчитываемого по выражению

$$B = (1 + s)^{t_n - t_j}$$

где B – коэффициент приведения;

s – норматив для приведения разновременных затрат энергии (норма дисконта);

t_n – год, к которому приводятся энергозатраты;

t_j – год осуществления энергозатрат.

В этом случае норма дисконта (s) должна отражать технический прогресс, т.е. среднегодовой процент снижения удельной энергоёмкости различных видов и средств горно - транспортной техники. По данным зарубежных исследований, $S=0,005-0,015$. Такой подход является дискуссионным, но имеет определенные преимущества перед денежной оценкой. В отличие от денежной энергетическая оценка имеет прямое объективное «физическое» основание, более стабильна, не подвержена инфляции и волюнтаристскому вмешательству. Денежная оценка технологий и транспортных систем может колебаться в весьма широком диапазоне в

зависимости от конъюнктуры рынка, характера взаимоотношений со смежниками, поставщиками оборудования и материалов и множества других факторов. В целом энергетическая оценка не подменяет, а дополняет денежную оценку. Денежная оценка дает основание для выработки производственной тактики, энергетический анализ для выработки стратегии формирования транспортных систем на весь период отработки карьера. При энергетической оценке транспортных систем глубоких карьеров возникает два ключевых вопроса, требующих решения. Первый связан с приведением тепловой энергии дизельного топлива, потребляемой автотранспортом, и электрической энергии, расходуемой железнодорожным транспортом, в сопоставимый вид. В этом направлении в литературе существует несколько подходов. Один из них заключается в переводе расхода дизтоплива автосамосвалами из натуральных единиц (г, кг) в килоджоули или киловатт – часы путем умножения на удельную теплоту сгорания дизтоплива $Q_{д.т}$ ($Q_{д.т} = 43,5 \text{ кДж/г} = 12,08 \text{ кВт.ч/кг}$) и в сравнении с фактическим расходом электроэнергии электрифицированными видами транспорта. Такой подход нельзя признать методически правильным, так как он приводит к энергетической «дискредитации» автомобильного транспорта. Здесь мы сравниваем дизтопливо источник энергии, максимально приближенный к первичному (сырой нефти), с электроэнергией, являющейся вторичным источником энергии и вырабатываемой на тепловых и гидроэлектростанциях. При другом подходе, получившем достаточно широкое распространение в практике, расход электроэнергии приводится к расходу дизтоплива путем умножения на коэффициент, характеризующий удельный расход дизтоплива на выработку 1 кВт ч электроэнергии на дизельных электростанциях (230 – 250 г/кВт ч). Здесь мы явно завышаем энергоемкость электрифицированных видов транспорта, поскольку основной объем электроэнергии горнодобывающие предприятия получают с электростанций, работающих на природном газе, угле и мазуте. Разница в оценках удельной энергоемкости отдельных видов транспорта глубоких карьеров при использовании указанных методик составляет 3,0-3,5 раза. По нашему мнению. Наиболее объективно сопоставления можно добиться путем приведения расхода электроэнергии и дизтоплива к расходу первичных энергоресурсов, т.е. к «условному топливу» (у.т.), с учетом соответствующих затрат энергии на их добычу, переработку и транспортирование. Аналогичный подход получил распространение за рубежом. Так, в США и Англии в качестве критерия энергетической оценки используют британскую тепловую единицу (БТЕ) – количество тепловой энергии, которое необходимо затратить, чтобы поднять температуру 1 фунта воды на 1°F (1 БТЕ – 0,252 кал/кг).

Рассмотрим основные направления повышения энергетической эффективности транспортных систем глубоких карьеров. Среди технологических факторов сокращения расхода дизельного топлива в транспортных системах карьеров особое внимание должно уделяться поддержанию объемов и расстояний автоперевозок на минимальном технологически необходимом уровне, а также перераспределению части объемов со сборочного на магистральные транспорта, характеризующиеся более высокими показателями энергетической эффективности.

Существенной мерой снижения энергопотребления комплексов ЦПТ является повышение их загрузки путем координации работы смежных транспортных звеньев. Предложенный метод энергетической оценки и оптимизации транспортных систем глубоких карьеров совместно с денежной оценкой может использоваться для выработки стратегии формирования транспортных систем на длительные периоды.

Рассмотрим взаимосвязь фактической себестоимости транспортирования горной массы от увеличения глубины карьера Кальмакыр.

Приведенный на графике, характеризует область эффективного использования циклического и циклично-поточного видов транспорта в карьере Кальмакыр. Анализ полученной зависимости показывает, что автомобильный транспорт эффективен до глубины карьера 150 м, а

возможности существующего комплекса ЦПТ практически исчерпаны. Несвоевременная смена технологий ведет к потерям в недрах из-за повышения затрат на технологические процессы. При достижении карьером глубины порядка 350-400 м эффективность использования комплекса ЦПТ снижается. Отставание перегрузочных пунктов ЦПТ от зон интенсивного ведения горных работ ведет к значительным финансовым потерям. Главным направлением совершенствования процесса перемещения горной массы является изыскание технологических решений, обеспечивающих сокращение расстояния транспортирования и энергозатрат на его осуществление. В этих условиях необходима реконструкция поточного звена ЦПТ IV очереди карьера, позволяющая снизить себестоимость транспортирования горной массы. При этом реальная себестоимость транспортирования должна стремиться к идеалу и быть максимально приближенной к теоретически достижимой. Взаимосвязь себестоимости выемки горной массы с глубиной карьера определена с использованием энергетического метода, полагая что финансовые и энергетические затраты в зависимости от глубины разработки изменяется по одинаковой закономерности. С использованием этого допущения была установлена зависимость теоретически возможной себестоимости транспортирования от глубины карьера (рис.2).

Задача проектировщиков в этом случае заключается в совмещении теоретического и фактического графиков себестоимости транспортирования горной массы от глубины карьера, что реализуется через последовательное внедрение менее затратных технологий и менее энергоемкого горно – транспортного оборудования. С энергетической точки зрения такая схема характеризуется следующим образом.

При увеличении расстояния перевозки и высоты подъема горной массы из карьера наступает момент, когда рост затрат энергии приводит к потере автомобильным транспортом экономической эффективности. В частности, в карьере Кальмакыр циклично-поточную технологию целесообразно было внедрить при увеличении расстояния перевозки автосамосвалами до 3, 3-3, 5 км и высоты подъема до 70-80 м.

Список литературы:

1. Abdusamatova N.S., Abiyev O.H. The research of freight flow non-uniformity on the belt conveyor// European Journal of Research Development and Sustainability (EJRDS)- Vol. 2 №3 March 2021, ISSN: 2660-5570
2. Бердиева Д.Х, Совершенствования закладочных работ в системе разработки месторождения Каульди //Экономика и социум-2020 С. 509-513
3. Шакаров Б. Ш., Рахматуллаев И. М. Регулирование режима горных работ и экономические показатели планирования. // Uz ACADEMIA Том 1. 2021
4. Шамаев М.К., Ташкулов А.А. Требования к решениям по выбору методов и средств освоения месторождений для горного производства.// International journal of advanced technology and natural sciences. 2021
5. Abdusamatova N.S., Abiyev O.H. Use of inclined lifts in the development of environmentally friendly transport technologies for deep quarries.// European Journal of Research Development and Sustainability (EJRDS) Vol. 2 №.4, April 2021
6. Субанова З.А. Выбор и научное обоснование транспортных систем на глубоких карьерах.// "Экономика и социум" №11. №11(78) 2020
7. Бердиева Д.Х.,Субанова З. А. К вопросу снижения себестоимости закладочных работ при системе разработки горизонтальными слоями С закладкой. // Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences VOLUME 1 | ISSUE 4. С.674-679

8. Сохибов И.Ю., Анарбаев Х.П. Маркшейдерское обеспечение комплексного освоения ресурсов горнодобывающих регионов// International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences ISSN: 2181-144X Рег. № 7.10.11.2020
9. Анарбаев Х.П. Разработка рациональной схемы обогащения лежалых хвостов вольфрама применительно руднику ингички // Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences VOL 1 ISSUE 5 ISSN2181-1784 Scientific Journal Impact Factor SJIF 2021: 5.423
10. Mutalova M.A.,Khasanov A.A., Improvement of Technology for Enrichment of Tungsten Concentrate from Cake of NPO Almaliksky MMC JSC by Gravitational Methods, International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol 7, Issue 5, May 2020