



ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Комилов Толиб Олимович¹

PhD

Якибов Гулямджан Гапуржанович²

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7073536>

ARTICLE INFO

Received: 07th September 2022

Accepted: 09th September 2022

Online: 13th September 2022

KEY WORDS

Определено массовую норму поезда при его движении по руководящему уклону и удельное основное сопротивление движению по эмпирическими формулами.

В настоящее время промышленность Узбекистана имеет тенденцию устойчивого развития, обеспечивающего ее эффективность и конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках, что позволило занять свое место среди развитых стран. В горнодобывающей и металлургической промышленности Узбекистана являются одними из наиболее важных и стратегических отраслей промышленности страны. В мире открытый способ разработки полезных ископаемых является преимущественно преобладающим видом разработки за счет своей безопасности, легкости и управляемости относительно подземного способа. В связи с высокой стоимостью и трудоемкостью,

ABSTRACT

В статье приведены данные применяемые железнодорожного транспорта на глубоких горизонтах карьеров с целью увеличения производительности путем обмена транспорт-ных средств внутри карьерах, а также расчеты по выбору типа вагона в зависимости от типа применяемого выемочно-погрузочного оборудования и их фактическое количество ковшей экскаватора, загружаемых в кузов вагона. Определено массовую норму поезда при его движении по руководящему уклону и удельное основное сопротивление движению по эмпирическими формулами.

выемочно-погрузочные и транспортные работы в открытых горных разработках являются одним из основных производственных процессов. Снижение стоимости выемочно-погрузочных и транспортных работ в процессе открытой горной разработки может сократить расходы от общей стоимости добычи полезных руд вплоть до половины.

В последние годы экономические условия развития горнодобывающей промышленности ухудшились. Технические трудности связаны с естественным обеднением руд на разрабатываемых месторождениях и увеличением глубины, на которой производили открытые и подземные горные работы, соответственно до 500-700 м и более [1].



Экономически выгодная добыча бедных руд стала возможной благодаря использованию более мощного оборудования на открытых и подземных работах, совершенствованию техники и технологии переработки добываемого сырья.

С увеличением глубины карьеров применение транспорта циклического действия резко снижает скорость движения автосамосвалов, затрудняет обмен транспортными средствами внутри карьера, удлиняет цикл транспортирования. Вследствие этого увеличивается стоимость и трудоемкость перевозок горной массы, т.е. резко возрастают расходы на транспорт и себестоимость добычи 1т руды (до 50%) [2].

В глубоких карьерах в качестве тяговых средств железнодорожного транспорта доминирующее положение займут тяговые агрегаты "второго поколения". Это будут агрегаты постоянного тока напряжением 1,5/30 кВ и переменного тока напряжением 10 кВ с источником автономного питания и без него. Введение тиристорно-импульсного управления позволит увеличить тяговые и тормозные возможности локомотивов на 10-12 % [3,4].

Тяговые агрегаты ОПЭ-1 переменного тока и ПЭ-ЗТ постоянного тока с тиристорно-импульсной системой управления. Введение тиристорно-импульсного управления позволит увеличить тяговые и тормозные возможности локомотивов на 10-12%. Последующее развитие электрической тяги пойдет по пути сохранения основных конструктивных особенностей при условии дальнейшей модернизации тяговых средств,

заключающейся в увеличении на 20-30 % устойчиво реализуемой силы тяги и до 7000-9000 кВт мощности локомотивов, а также в дальнейшем совершенствовании автономных источников питания. Напряжение в контактной сети постоянного тока будет увеличено с 3000 до 6000 В, переменного - с 10000 до 25000 В. Повышение напряжения в контактной сети приведет к некоторому удорожанию ее конструкций в некоторой степени усложнит условие ее эксплуатации. Для этого на нижних горизонтах карьеров необходимо будет исключить участки передвижной контактной сети, а локомотивы оснастить автономными источниками питания мощностью 1104-2208 кВт [5,6].

Для более отдаленного времени ставится задача применения на глубоких горизонтах железнодорожного транспорта при уклонах 150-200 ‰. Это потребует создания специальных карьерных электропоездов, оборудованных вращающимися короткозамкнутыми асинхронными двигателями (на каждом вагоне по четыре двигателя) и особыми тормозными средствами.

Тяговые агрегаты с моторными думпкарами и другие специальные средства способствуют повышению коэффициента сцепления колес с рельсами.

Кроме указанных систем, для железнодорожного транспорта в глубоких карьерах предусматривается освоение автоматизированных систем управления движением поездов на замкнутых маршрутах (например, на участках перегрузочный склад -



фабрика), дистанционного управления стрелочными переводами с локомотива, создание комплекса вспомогательных машин автономного действия для резкого сокращения трудоемкости путевых работ.

Путевые машины будут в основном самоходные, многооперационные, составляющие комплексы для выполнения укладки, выправки, постановки на балласт, текущего содержания и ремонта пути, полностью высвобождающие ручной труд. Для работ на крутых уклонах они будут оснащены усиленными тормозными средствами.

Необходимое развитие получит также карьерное вагоностроение. В основу создания карьерного парка будут положены два принципиальных требования: специализация для доставки различных грузов и соответствие типу применяемых экскаваторов. В связи с этим наибольшее внимание будет уделено созданию ряда модификаций восьмиосных думпкаров, приспособленных для транспортирования мягких пород и руд. Последние должны будут выпускаться усиленной конструкции с особо прочным, амортизирующим днищем кузова. Анализ показателей, характеризующих техническое состояние и эксплуатацию железнодорожного транспорта в течение срока их службы, показал на необходимость систематизации и совершенствования процесса работы карьерного железнодорожного транспорта, а исследовательские работы в этом направлении для

рудника Кальмакыр являются актуальными.

Принципиальные положения развития железнодорожного карьерного транспорта изложены в фундаментальных работах Е.Ф. Шешко, П.Э. Зуркова, В.В. Ржевского.

Вопросами создания научных основ проектирования, развития и совершенствования карьерного транспорта, в том числе созданию новых транспортных средств, посвятили свои работы ученые-исследователи: доктора техн. наук М.Г. Новожилов, Б.Н. Тартаковский, М.Г. Потапов, Б.А. Носырев, чл.-кор. АН СССР А.О. Спиваковский и др. Большой вклад в исследование проблем обоснования и выбора транспортных систем глубоких карьеров внес чл.-кор. РАН - В.Л. Яковлев.

В Институте горного дела им. А.А. Скочинского (М.Г. Потапов), в Свердловском горном институте (С.А. Волотковский) проведен большой объем научно-исследовательских работ по созданию и внедрению электрифицированного карьерного транспорта. Работы М.Г. Потапова, М.В. Васильева и др. обеспечили внедрение на карьерах мощных тяговых агрегатов сцепной массой до 360 т.

Анализ развития теории и практики организации работ на железнодорожном транспорте, на всех этапах его развития формированием технологического процесса транспорте занимались многие учёные – транспортники, в том числе нашли отражение в трудах В.А.Дьяков, П.Л.Мариев, А. А. Кулешов, А.О. Спиваковский, Г. В. Трофимов, Е.Е.



Шешко, В.Н. Безрученко, В.А. Браташ, Л.В. Петровичи других учёных.

Заслуживает внимание развитие представлений о стратегии формирования транспортных систем карьеров. Существующая основная концептуальная схема формирования транспортных систем глубоких карьеров сформулирована член-корр. Яковлевым В.Л. и заключается в одновременном применении нескольких видов транспорта, их комбинаций и переходе от одних схем транспортирования к другим. При этом области эффективного применения различных видов транспорта вполне определены зонированы для различных горно-технических условий, в частности, по высоте подъема, расстоянию транспортирования горной массы и т.п. [7,8,9].

Вопросами транспортирования горной массы при решении общих задач вскрытия глубоких карьеров занимался ряд исследователей, в т. ч. Е.Ф. Шешко, В.В. Ржевский, А.О. Спиваковский, А.В. Андреев и др. Комплексное исследование вопросов транспортирования горной массы на глубоких карьерах были проведены М.Г. Новожиловым. Кроме того, решению задач карьерного транспорта посвящены труды П.Э. Зуркова, В.С. Хохрякова, Ю.П. Посохова, М.Г. Потапова, выполненные в период 1958 – 1984 гг.

Вопросам исследования шахтных и рудничных локомотивов посвящены работы Н.С. Полякова, С.А. Волотковского, А.А. Ренгевича, Б.А. Кузнецова, П.С. Шахтаря, В.Г. Шорина и др.

В области теории и расчета горно-транспортных машин

основоположником является академик А.М. Терпигорев, опубликовавший в 1901 г. Книгу «Доставка». А.В. Андреев, М.В. Васильев, А.В. Евневич, Б.Н. Кузнецов, М.Г. Потапов, А.А. Ренгевич, Г.И. Солод, Н.В. Тихонов, Б.В. Фадеев, Л.Г. Шахтмейстер, Л.И. Чугреев, И.Г. Штокман, А.А. Кулешов, В.А. Дьяков, Ю.С. Пухов.

Железнодорожный транспорт предназначен для карьеров, имеющих относительно большие размеры в плане и объемы перевозки от 20 до 150 млн.т горной массы в год, глубину разработки до 250 м, расстояние транспортирования 5–15 км.

Достоинствами железнодорожного транспорта являются высокая надежность, возможность перевозить практически любые насыпные грузы, малая зависимость его эффективности от климатических условий, возможность достижения высокой производительности за счет пропуска большого числа поездов и увеличения массы поезда до 1500–2000 т, относительно низкие удельные затраты на транспортирование, большой срок службы оборудования, возможность использования любых типов энергии и локомотивов [10, 11].

Выбор различных видов электровозов и тяговых агрегатов осуществляется в соответствии с годовой производительностью карьера и глубиной разработки.

годовая производительность карьера $A = 40$ млн/т;

число рабочих дней в году $N_{\text{раб}} = 365$;

число смен в сутки $n_{\text{см}} = 2$;

продолжительность смены $T_{\text{см}} = 12$ ч;

насыпная плотность транспортируемого груза $\gamma = 2.6$ т/м³;



тип локомотива – электровоз ПЕ-2У;
тип вагона – думпкара 2ВС-105;
тип выемочно-погрузочного
оборудования – экскаватор ЭКГ-15;
Уклон ‰ 0 10 25 -30 0
Расстоян 177 329 186 593 129
ие *l, м* 7 9 4 3 4
Радиус=144м,500м, максимальный
уклон на трассе=25 ‰. Поэтому можно
выбрать электровоз ПЕ-2У. Кузов
электровоза выполнен открытого типа,
что обеспечивает хороший обзор и
доступность к узлам ходовой части при
ремонте, обслуживании и подъеме
электровоза. Он опирается на каждую
тележку центральной пятой и двумя
боковыми скользящими опорами.
Моторные думпкары выполнены с
верхним расположением цилиндров
опрокидывания по торцам кузова и
рассчитаны на погрузку тяжелых
горных пород экскаваторами с
емкостью ковша 12- 15 м³.

Выбор типа вагона производится с
учетом физико-механических свойств
транспортируемых грузов и
применяемого выемочно-погрузочного
оборудования.
У нас в стране основное
распространение получили думпкары с
двусторонней разгрузкой и
откидывающимся бортом для
транспортирования вскрышных пород и
руд насыпной плотностью 1,9–2,2 т/м³.
Большое распространение на карьерах
получил **вагон-самосвал 2ВС-105**,
предназначенный для перевозки
рыхлых и скальных пород и руд с
насыпной плотностью от 2 до 2,6 т/м³
при погрузке экскаваторами с ковшем
емкостью до 15 м³. Конструкция
допускает падение глыб массой 3 т с
высоты до 3 м (на подсыпку горной
массы мелких фракций).

Таблица 2.

Технические характеристики тяговых агрегатов постоянного тока

Основные параметры	ПЭУ
Ширина колеи, мм	1520
Номинальное напряжение, кВ	3.0/1.5
Осевая формула	3(2 ₀ – 2 ₀)
Сцепная масса, т	368
Грузоподъемность моторного думпкара, т	44
Часовой режим: мощность, кВт	5 460/2 570
сила тяги, кН	694
скорость, км/ч	28,9/12,5
Наибольшая скорость, км/ч	65
Длина по осям автосцепок, мм	51306
Наименьший радиус кривой, м	80
Тип тягового двигателя: напряжение, кВ	ДТ9Н 1,5



часовая мощность, кВт	455
часовой ток, А	335
длительный ток, А	300
Вместимость песочниц, м ³	0.72

Ходовая часть вагона состоит из двух трехосных тележек типа УВЗ-11А, он оборудован автосцепкой СА-3 с усиленным фрикционным аппаратом и автоматическим тормазом. Наклон кузова осуществляется шестью пневматическими цилиндрами (по три с

каждой стороны), из них два-двойного действия (по одному с каждой стороны). Геометрическая вместимость кузова вагона выбирается с таким расчетом, чтобы при нормальной загрузке кузова грузоподъемность использовалась полностью.

Таблица 3.

Технические характеристики думпкаров

Основные параметры	2ВС-105
Грузоподъемность, т	105
Масса тары, т	47.25
Вместимость кузова (геометрическая), м ³	48.5
Коэффициент тары	0.45
Число осей вагона	6
Основные размеры, мм: ширина кузова (наружная)	3750
высота вагона	3240
длина кузова	13400
Длина вагона по осям автосцепки, мм	14900

При выборе типа вагона в зависимости от типа применяемого выемочно-погрузочного оборудования сначала определяют фактическое количество ковшей экскаватора, загружаемых в кузов вагона (округляется до целого):

$$n_{\phi} = \frac{q}{V_k \cdot \gamma}$$

$$n_{\phi} = \frac{105}{15 \cdot 2.6} = 2.7$$

где q - грузоподъемность вагона, т; V_k - вместимость ковша экскаватора, м³; γ - насыпная плотность груза, т/м³.

Затем рассчитывают фактическую грузоподъемность вагона q_{ϕ} , т, по формуле:

$$q_{\phi} = n_{\phi} \cdot V_k \cdot \gamma$$

$$q_{\phi} = 2.7 \cdot 15 \cdot 2.6 = 105.3$$

После чего определяют коэффициент использования грузоподъемности вагона:

$$K_q = \frac{q_{\phi}}{q}$$

$$K_q = \frac{105}{105.3} = 0.99 = 1$$

Определение массовой нормы поезда. Определяем массовую норму



поезда при его движении по
руководящему уклону по формуле:

$$M_{\text{пр}} = \frac{M_{\text{сц}}(1000g\psi - \omega'_0 - g \cdot i_p)}{\omega''_0 + g \cdot i} = \frac{368(1000 \cdot 9.81 \cdot 0.23 - 51 - 9.81 \cdot 25)}{47.5 + 9.81 \cdot 25} = 2463 \text{ т}$$

где $M_{\text{сц}}$ – сцепная масса локомотива, т; g – ускорение свободного падения, м/с²; ψ – коэффициент сцепления колеса локомотива с рельсом в процессе движения (табл. 4.); ω'_0, ω''_0 – удельное основное сопротивление движению, соответственно, локомотива и вагона, Н/т; $i_p = 25 \text{ ‰}$ – максимальный уклон на трассе.

Удельное основное сопротивление движению, Н/т, определяют по эмпирическим формулам:

для карьерных электровозов при
движении под током:

$$\omega'_{\text{о}} = 28 + 0,8 \cdot v_{\text{ч}} = 28 + 0,8 \cdot 28,9 = 51 \text{ Н/т};$$

для шести и восьмиосных груженых
вагонов:

$$\omega'_{\text{о}} = 36 + 0,4 \cdot v_{\text{к}} = 36 + 0,4 \cdot 28,9 = 47,5 \text{ Н/т};$$

где $v_{\text{ч}}, v_{\text{к}}$ – соответственно, часовая и конструктивная скорости движения локомотива, км/ч.

Массовую норму поезда по условию его трогания с места рассчитываем по формуле:

$$M_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{сц}}(1000g \cdot \psi_{\text{тр}} - \omega'_i - \omega_{\text{о}} - g \cdot i_{\text{тр}} - 1080 \cdot \alpha)}{\omega''_i + \omega_{\omega} + g \cdot i_{\omega} + 1080a} = \frac{368(1000 \cdot 9.81 \cdot 0.3 - 51 - 50 - 9.81 \cdot 25 - 1080 \cdot 0.05)}{47.5 + 50 + 9.81 \cdot 25 + 1080 \cdot 0.05} = 2404 \text{ т.}$$

Таблица 4.

Значения коэффициента сцепления колеса локомотива с рельсом

Способ соединения двигателей	Коэффициент сцепления	
	при движении	при трогании с места
Последовательно-параллельное при ступенчатом регулировании скорости (EL2, EL1, 21E, 26E, ПЭ2У)	0.22-0.24	0.28-0.30

где $\psi_{\text{тр}}$ – коэффициент сцепления колеса локомотива с рельсом при трогании поезда с места (см. табл. 4.); $\omega_{\text{тр}}$ – дополнительное удельное сопротивление при трогании поезда с места, $\omega_{\text{тр}} = 40-70 \text{ Н/т}$; $i_{\text{тр}}$ – величина уклона участка, на котором поезд трогается с места, ‰; a – ускорение поезда при трогании с места, $a = 0,05 \text{ м/с}^2$. $i_{\text{тр}} = 0 \text{ ‰}$ – уклон

участка, на котором производится трогание поезда с места.

Для дальнейших расчетов принимаем $M_{\text{пр}} = 2463 \text{ Н/т}$.

Из двух значений $M_{\text{пр}}$ для дальнейших расчетов принимают меньшее, по которому определяется число вагонов в составе:

$$n = \frac{M_{\text{пр}}}{q + q_{\text{т}}} = \frac{2404}{105 + 47.25} = 16 \text{ та.}$$



где q , q_T – соответственно, грузоподъемность и собственная масса вагона, т;

Принимаем $n = 16$, тогда масса прицепной части поезда составит:

с грузом $M_{гр} = n \cdot (q + q_T) = 16 \cdot 105 + 47,25 = 2436$ т;

без груза $M_{пр} = n \cdot q_T = 16 \cdot 47,25 = 760$ т.

В итоге выбрать основная концептуальная схема формирования транспортных систем глубоких карьеров, чтобы одновременном

применять нескольких видов транспорта, их комбинаций и переходе от одних схем транспортирование к другим или транспортирования горная пароды с однотипными транспортными средствами нужно проводит соответствующие как вышеуказанных расчеты, с учетом различных горно-технических условий, в частности, по высоте подъема, расстоянию транспортирования горной массы и т.п..

References:

1. Васильев М.В. Транспорт глубоких карьеров. - М.: Недра, 1983. - 360 с.
2. Васильев М.В. Транспортные машины и оборудование на карьерах. — М.: Недра, 1986. — 240с.
3. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю., Щадов М.И. Справочник по открытым горным работам. - М.: 2010.
4. Галкин В.И., Шешко Е.Е. Транспортные машины. М.: МГГУ, 2010.
5. Гетопанов В.Н., Рачек В.М. Проектирование и надежность средств комплексной механизации. - М.: Недра. 1986. - 208 с.
6. Шешко Е.Е. Эксплуатации и ремонт оборудования транспортных комплексов карьеров Москва МГГУ 1996.
7. Шешко Е.Е. Горно-транспортные машины и оборудование для открытых работ. — М.: Изд-во МГГУ, 2003. — 260 с.
8. Электроподвижной состав промышленного транспорта: Справочник / Я.В. Балон, В.А. Браташ, М.И. Бичуч и др.; Под ред. Я.В. Балона. — М.: Транс-порт, 1987. — 296 с.
9. Галкин В.И., Шешко Е.Е. Проблемы совершенствования транспортных систем в горной промышленности России. // ГИАБ, «Труды научного симпозиума», - М.: Горная книга, 2011, вып. 1. - 2011. С. 485 - 489
10. Галкин В.И., Шешко Е.Е. Направления развития транспортных систем горных предприятий. / Каталог - справочник «Горная техника». - М.: 2012. - С. 54 - 58.