



Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫЙ ТРАНСПОРТ

Специальность	<u>21.05.04 Горное дело</u>
Специализация	<u>Подземная разработка рудных месторождений</u>
Уровень высшего образования	<u>Специалитет</u> <i>(бакалавриат, специалитет, магистратура)</i>
Квалификация выпускника	<u>специалист (горный инженер)</u>

Автор - разработчик: Габбасов Б.М., канд. техн. наук, доцент
Рассмотрено на заседании кафедры разработки месторождений полезных ископаемых
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Введение

На современных карьерах приходится перемещать значительные объемы горных пород, достигающие сотен тысяч кубических метров в сутки. Транспортирование их является одним из трудоемких технологических процессов, затраты на которые составляют до 70% общей стоимости работ в карьере. Поэтому вопросам расчета транспортных машин и эффективности их использования должно уделяться большое внимание.

Данный курсовой проект является важной частью учебного процесса, поскольку расчет транспорта является одним из основных разделов дипломного проекта.

Курсовой проект имеет цели:

- научить применять полученные знания при самостоятельном решении технических вопросов, связанных с механизацией основных производственных процессов при добыче руд и эксплуатацией транспортных машин и комплексов;

- подготовить к самостоятельной работе со справочной литературой, действующими ГОСТами, инженерными методами расчета, принятыми в промышленности и в проектных институтах, организациях.

В данном курсовом проекте ведется расчет автомобильного транспорта, используемого для доставки горной массы от забоя на поверхность: в пункт перегрузки (вскрыша) и на дробильно-сортировочную установку (полезное ископаемое), которые объединены в один дробильно-перегрузочный комплекс. Далее вскрыша железнодорожным транспортом отправляется на отвал, а полезное ископаемое конвейером – на обогатительную фабрику.

Расчет железнодорожного транспорта

Тяговый расчет железнодорожного транспорта

Тяговый расчет производится с целью определения массы поезда, условий и результатов торможения, установления времени и скорости движения по отдельным участкам пути, степени нагрева тяговых двигателей, расхода энергии на транспортирование.

Весовая норма поезда Q' , кН, из условия равномерного движения по руководящему подъему и Q'' , кН, по условию трогания на приведенном уклоне. При этом первоначально примем локомотив 26ЕМ с технической характеристикой, приведенной в табл. 2.1 и думпкав ПС-125 (табл. 2.2).

Таблица 2.1

Технические характеристики электровозов

Показатели	ПЭ2М
Сцепной вес локомотива, кН	3680
Коэффициент сцепления приводных колес при равномерном движении ψ	0,23
Коэффициент сцепления приводных колес при трогании с места $\psi_{тр}$	0,25
Часовой ток $I_{час}$, А	335
Часовая сила $F_{ч}$, кН	694
Часовая скорость $V_{ч}$, км/ч	28,9
Мощность часового режима, кВт	5460
Число осей локомотива	8

Вес прицепной части поезда определяется по формулам:

$$Q' = \frac{P_{сц} \cdot (1000 \cdot \psi - \omega'_0 - \omega_{ip})}{\omega''_0 + \omega_{ip}}, \text{ кН};$$

$$Q'' = \frac{P_{сц} (1000 \cdot \psi_{тр} - \omega'_0 - \omega_{инп} - \omega_{мп} - 108 \cdot \alpha)}{\omega''_0 + \omega_{инп} + \omega_{мп} + 108 \cdot \alpha}, \text{ кН},$$

где $P_{сц}$ – сцепной вес локомотива, кН (табл. 1.1);

$\psi, \psi_{тр}$ – коэффициенты сцепления приводных колес локомотива с рельсами соответственно при равномерном движении и трогании с места;

ω'_0, ω''_0 – основное удельное сопротивление движению локомотива и вагона, Н/кН (принимается ω'_0, ω''_0 для стационарных путей $\omega'_0=4$ Н/кН, $\omega''_0=4$ Н/кН);

ω_{ip} – удельное сопротивление от уклона, Н/кН, $\omega_{ip}=[i_p]=26$ Н/кН;

$\omega_{мп}$ – удельное сопротивление при трогании поезда с места, $\omega_{мп}=[i_{мп}]=26$ Н/кН;

α – ускорение поезда при трогании, $\alpha=0,025$ м/с²;

$\omega_{инп}$ – удельное сопротивление от приведенного уклона, Н/кН

$$\omega_{инп} = \omega_{имп} + \omega_R, \text{ Н/кН},$$

где $\omega_{имп}$ – удельное сопротивление при трогании, $\omega_{имп}=26$ Н/кН

ω_R – удельное сопротивление от кривизны пути (при $R>300$, $\omega_R=2$ Н/кН).

$$\omega_{inp} = 26 + 2 = 28, \text{ Н/кН};$$

$$Q' = \frac{3680 \cdot (1000 \cdot 0.23 - 4 - 21)}{4,5 + 21} = 23606,5, \text{ кН};$$

$$Q'' = \frac{3680 \cdot (1000 \cdot 0.25 - 4 - 28 - 26 - 108 \cdot 0.025)}{4,5 + 28 + 26 + 108 \cdot 0.025} = 11382,7, \text{ кН}.$$

Таблица 2.2

Техническая характеристика думпкара ПС - 125

Показатели	ПС-125
Грузоподъемность, т	125
Масса вагона, т	46
Вместимость кузова, м ³	140
Число осей вагона	8

Число вагонов в составе поезда находим по формуле

$$n_{ваг} = \frac{Q}{(m_{ар} + m_{ваг}) \cdot g},$$

где $m_{ваг}$ – масса пустого вагона, т;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

$m_{ар}$ – масса груза в вагоне, т

$$m_{ар} = N \cdot E \cdot k_n \cdot \gamma_p, \text{ т},$$

где E – емкость ковша экскаватора, м³;

N – количество полных ковшей, загруженных экскаватором в думпкар, шт.;

k_n – коэффициент наполнения ковша, $k_n=0,9$.

Для обеспечения эффективной и производительной работы экскаватора машинист должен загружать в каждый вагон целое число ковшей. Таким образом, в зависимости от плотности груза, вагон загружается по объему или по грузоподъемности.

Для условия , число ковшей, загружаемых в думпкар

$$N = \frac{q}{\gamma_p \cdot k_n \cdot E},$$

$$\frac{q}{V_{ваг}} > \gamma_p$$

где q – паспортная грузоподъемность думпкара, т;

$\gamma_p = \gamma/k_p$ – насыпная плотность груза, т/м³;

k_p – коэффициент разрыхления, $k_p=1,1$;

k_n – коэффициент наполнения ковша, $k_n=0,95$.

$$\gamma_p = \frac{1,6}{1,1} = 1,45, \text{ т/м}^3.$$

$$N = \frac{125}{1,45 \cdot 0,95 \cdot 15} = 6,$$

$$m_{ар} = 6 \cdot 15 \cdot 0,95 \cdot 1,45 = 123,97, \text{ т}.$$

$$n_{ваг} = \frac{11382,7}{(124 + 46) \cdot 15} = 6,6957 \approx 7,$$

Окончательный вес, кН, прицепной части груженого поезда и порожнего соответственно

$$Q_{ар} = n_{ваг} \cdot (m_{ар} + m_{ваг}) \cdot g, \text{ Н/кН},$$

$$Q_{пор} = n_{ваг} \cdot m_{ваг} \cdot g, \text{ Н/кН}.$$

$$Q_{zp} = 7 \cdot (124 + 46) \cdot 15 = 11900, \text{ кН.}$$

$$Q_{nop} = 7 \cdot 46 \cdot 15 = 3220, \text{ кН.}$$

Тяговый расчет предусматривает далее определение скорости времени движения поезда.

При тяговых расчетах карьерного транспорта часто используется приближенный метод установившихся скоростей, основанный на предположении, что в пределах каждого элемента профиля пути поезд движется равномерно с установившейся скоростью.

Для определения установившейся скорости движения воспользуемся тяговыми или электромеханическими характеристиками локомотива. Сила тяги F , Н, локомотива при равномерном движении по каждому участку пути будет определяться

$$F = P \cdot (\omega'_0 \pm i_{yч}) + Q \cdot (\omega''_0 + i_{yч}), \text{ Н,}$$

где P – вес локомотива, $P = P_{сц}$, кН;

$i_{yч}$ – уклон участка пути, ‰;

Q – вес прицепной части поезда (в грузовом или порожняковом состояниях), кН.

Сила тяги локомотива по забою в грузовом состоянии

$$F = 3680 \cdot (4 + 2,1) + 11900 \cdot (4,5 + 2,1) = 100988, \text{ Н.}$$

Сила тяги локомотива по траншее в грузовом состоянии

$$F = 3680 \cdot (4 + 26) + 11900 \cdot (4,5 + 26) = 473350, \text{ Н.}$$

Сила тяги локомотива по поверхности в грузовом состоянии

$$F = 3680 \cdot (4 + 0,5) + 11900 \cdot (4,5 + 0,5) = 76060, \text{ Н.}$$

Сила тяги локомотива по забою в порожняковом состоянии

$$F = 3680 \cdot (4 - 2,1) + 3220 \cdot (4,5 + 2,1) = 28244, \text{ Н.}$$

Сила тяги локомотива по траншее в порожняковом состоянии

$$F = 3680 \cdot (4 - 26) + 3220 \cdot (4,5 + 26) = 17250, \text{ Н.}$$

Сила тяги локомотива по поверхности в порожняковом состоянии

$$F = 3680 \cdot (4 - 0,5) + 3220 \cdot (4,5 + 0,1) = 28980, \text{ Н.}$$

По тяговой характеристике определяются скорость движения. При этом стремимся к движению с максимальной скоростью, но не превышая скорости, ограниченного условиями безопасности движения по торможению или состоянию пути.

Тормозной путь при колодочном торможении

$$L_T = L_n + L_\partial, \text{ м,}$$

где L_n – подготовительный путь торможения, м, на участках с уклоном $i < 20\text{‰}$

$$L_n = 0.278 \cdot V_n \cdot t_0, \text{ м,}$$

$i \geq 20\text{‰}$

$$L_n = 0.278 \cdot V_n \cdot t_0 + 4,62 \cdot 10^{-3} \cdot (\pm i_{yч} - \omega_0) \cdot t_0^2, \text{ м,}$$

где $V_n = 28,9$ км/ч – начальная скорость движения, км/ч;

$t_0 = 7$ с – время предварительного торможения.

Действительный путь L_∂ , м, торможения

$$L_\partial = \frac{4,17 \cdot V_n^2}{1000 \cdot \nu \cdot \psi_\kappa + \omega_0 + i_{yч}}, \text{ м,}$$

где $\omega_0 = (P \cdot \omega'_0 + Q \cdot \omega''_0) \cdot (P + Q)^{-1}$ – основное удельное сопротивление поезда в целом, Н/кН;

$$\nu = \frac{\sum K_P + \sum K_Q}{P + Q} - \text{тормозной коэффициент поезда;}$$

$$\sum K_P = K_P \cdot n_{ол} \text{ и } \sum K_Q = K_Q \cdot n_{од} - \text{суммарная сила нажатия тормозных}$$

колодок на оси локомотива и думпкара соответственно, кН;

$n_{ол}$ – число осей локомотива;

$n_{од}$ – число осей прицепной части поезда;

ψ_k – коэффициент трения колодки о колесо, $\psi_k=0,15$.

Основное удельное сопротивление груженого поезда

$$\omega_0 = (3680 \cdot 4 + 11900 \cdot 4,5) \cdot (3680 + 11900)^{-1} = 4,3, \text{ Н/кН.}$$

Основное удельное сопротивление порожнего поезда

$$\omega_0 = (3680 \cdot 4 + 3220 \cdot 4,5) \cdot (3680 + 3220)^{-1} = 4,23, \text{ Н/кН.}$$

$$\sum K_P = 172 \cdot 8 = 1376, \text{ кН;}$$

$$\sum K_Q = 142 \cdot 8 = 1136, \text{ кН.}$$

Тормозной коэффициент груженого поезда

$$\nu = \frac{2512}{3680 + 11900} = 0,16 .$$

Тормозной коэффициент порожнего поезда

$$\nu = \frac{2512}{3680 + 3220} = 0,36 .$$

Подготовительный путь торможения по забою и по поверхности

$$L_n = 0,278 \cdot 28,9 \cdot 7 = 56,239, \text{ м.}$$

Подготовительный путь торможения по траншее в грузовом состоянии

$$L_n = 0,278 \cdot 28,9 \cdot 7 + 4,62 \cdot 10^{-3} \cdot (26 - 4,3) \cdot 7^2 = 61,14, \text{ м.}$$

Подготовительный путь торможения по траншее в порожняковом состоянии

$$L_n = 0,278 \cdot 28,9 \cdot 7 + 4,62 \cdot 10^{-3} \cdot (-26 - 4,23) \cdot 7^2 = 49,43, \text{ м.}$$

Действительный путь торможения по забою в грузовом состоянии

$$L_0 = \frac{4,17 \cdot 28,9^2}{1000 \cdot 0,16 \cdot 0,15 + 4,3 + 2,1} = 114,5, \text{ м.}$$

Действительный путь торможения по траншее в груженом состоянии

$$L_0 = \frac{4,17 \cdot 28,9^2}{1000 \cdot 0,16 \cdot 0,15 + 4,3 + 26} = 64,14, \text{ м.}$$

Действительный путь торможения по поверхности в грузовом состоянии

$$L_0 = \frac{4,17 \cdot 28,9^2}{1000 \cdot 0,16 \cdot 0,15 + 4,3 + 0,5} = 59,3, \text{ м.}$$

Действительный путь торможения по забою в порожняковом состоянии

$$L_0 = \frac{4,17 \cdot 28,9^2}{1000 \cdot 0,36 \cdot 0,15 + 4,23 + 2,1} = 57,72, \text{ м.}$$

Действительный путь торможения по траншее в порожняковом состоянии

$$L_0 = \frac{4,17 \cdot 28,9^2}{1000 \cdot 0,36 \cdot 0,15 + 4,23 + 26} = 41,34, \text{ м.}$$

Действительный путь торможения по поверхности в порожняковом состоянии

$$L_{\partial} = \frac{4,17 \cdot 28,9^2}{1000 \cdot 0,36 \cdot 0,15 + 4,23 + 0,5} = 31,5, \text{ м.}$$

Тормозной путь при колодочном торможении по забою в грузовом состоянии

$$L_T = 56,24 + 114,5 = 170,74, \text{ м.}$$

Тормозной путь при колодочном торможении по траншее в грузовом состоянии

$$L_T = 61,14 + 64,14 = 125,28, \text{ м.}$$

Тормозной путь при колодочном торможении по поверхности в грузовом состоянии

$$L_T = 56,24 + 120,9 = 177,1, \text{ м.}$$

Тормозной путь при колодочном торможении по забою в порожняковом состоянии

$$L_T = 56,24 + 57,72 = 115,96, \text{ м.}$$

Тормозной путь при колодочном торможении по траншее в порожняковом состоянии

$$L_T = 49,43 + 41,34 = 90,77, \text{ м.}$$

Тормозной путь при колодочном торможении по поверхности в порожняковом состоянии

$$L_T = 56,24 + 59,3 = 115,54, \text{ м.}$$

Длина съездных траншей определяется по зависимости

$$l_{\text{съезд_тр}} = n_{\text{гор}} \cdot \frac{H}{i}, \text{ м,}$$

где $n_{\text{гор}}$ – номер горизонта, с которого производится откатка горной массы;

H – высота рабочего уступа карьера, м;

$i = 0,026$ – руководящий уклон капитального съезда, тыс.

$$l_{\text{съезд_тр}} = 1 \cdot \frac{20}{0,026} = 769,23, \text{ м.}$$

Таблица 2.3

Результаты тягового расчета

№ п/п	Участок пути	Сопротивление движению $\omega_0 + i$, Н/кН	Вес поезда $P + Q$, кН	Сила тяги F , кН	Скорость движения V , км/ч	Тормозной путь L_m , м	Время движения, мин
1	По забою в грузовом состоянии	4,8	15580	76,06	42	177,14	2,14
2	По траншее в грузовом состоянии	4,7	6880	28,98	30	115,54	3
3	По поверхности в грузовом состоянии	6,4	15580	100,988	47	170,74	1,9
4	По забою в порожняковом состоянии	6,33	6880	28,244	56	113,96	1,6
5	По траншее порожняковом состоянии	30,3	15580	473,35	43	125,28	2,09

6	По поверхности в порожняковом состоянии	30,23	6880	17,25	56	90,77	1,6
---	---	-------	------	-------	----	-------	-----

Общее время движения

$$\sum t_{\text{дв}} = \sum t_{\text{гр}} + \sum t_{\text{пор}} + \sum t_{\text{р.з.}}, \text{ мин.},$$

где $\sum t_{\text{гр}}$ и $\sum t_{\text{пор}}$ - общее время движения в грузовом и порожняковом направлениях, мин.;

$t_{\text{р.з.}}$ - поправка, вводимая в случаях остановок поезда на отдельных пунктах, составляет 2 мин на каждый разгон и 1 мин на замедление.

$$\sum t_{\text{дв}} = 2,14 + 3 + 1,9 + 1,6 + 2,09 + 1,6 = 12,33, \text{ мин.}$$

Проверка двигателя электровоза на нагрев и определение расхода электроэнергии

При электровозной тяге производится проверка тяговых двигателей на нагрев, чтобы убедиться, что мощность двигателей принятого локомотива достаточна для условий эксплуатации. Степень нагрева, определяемая значением тока и длительность его протекания по обмоткам, зависит в итоге от характера профиля и протяженности пути. Нагрев тяговых электродвигателей определяем путем сравнения эффективного тока (среднеквадратическому) $I_{\text{эф}}$ с длительным током $I_{\text{дл}}$, известным из токовой характеристики

$$I_{\text{эф}} = \alpha \cdot \sqrt{\frac{\sum I_i^2 \cdot t}{T_p}}, \text{ А},$$

где I_i – ток двигателя на отдельных участках пути, определяемый по характеристике двигателя, взятый из тягового расчета, А;
 t – время движения по участку пути данного профиля, мин;
 T_p – время рейса подвижного состава, мин;
 $\alpha=1$ – коэффициент, учитывающий нагревание двигателя в процессе погрузки и разгрузки составов.

$$I_{\text{эф}} = 1 \cdot \sqrt{\frac{420^2 \cdot 2,14 + 300^2 \cdot 3 + 470^2 \cdot 1,9 + 560^2 \cdot 1,6 + 430^2 \cdot 2,09 + 560^2 \cdot 1,6}{44,1}} = 236$$

Для предварительных расчетов мощность, кВт, тяговых двигателей локомотива может быть определена из выражения

$$P_n = \frac{k_p \cdot M_n \cdot V_n}{0,367 \cdot \eta}, \text{ кВт},$$

где $k_p=0,11$ - коэффициент мощности;

M_n – масса локомотива, т;

V_n – скорость движения на руководящем уклоне, км/ч;

$\eta=0,9$ – КПД тягового двигателя и зубчатой передачи.

$$P_n = \frac{0,11 \cdot 368 \cdot 30}{0,367 \cdot 0,9} = 3666,6, \text{ кВт}.$$

Расход электроэнергии на движение поезда за один оборот локомотива, выраженный через глубину карьера и расстояние транспортирования, определяется по выполненной работе

$$A_{\text{об}} = 278 \cdot 10^{-6} \cdot [(M_{\text{л}} + M_{\text{с.з.}}) \cdot (\omega_0 \cdot L + H) \cdot g + (M_{\text{л}} + M_{\text{с.п.}}) \cdot \omega_0 \cdot g \cdot (L - L_m)],$$

кВт · ч,

где $M_{\text{л}}$, $M_{\text{с.з.}}$, $M_{\text{с.п.}}$ – масса соответственно локомотива, груженого и порожнего составов, т;

L – длина транспортирования, км;

L_m – длина участка транспортирования, на котором проводится торможение;

H – разность отметок исходного и конечного пунктов откатки (глубина карьера), м

$$H = \frac{\sum i \cdot L}{1000}, \text{ м.}$$

$$H = \frac{2,1 \cdot 1,5 + 26 \cdot 0,769 + 0,5 \cdot 2}{1000} = 24,14, \text{ м.}$$

$$A_{\text{об}} = 278 \cdot 10^{-6} \cdot [(368 + 1190) \cdot (4,23 \cdot 0,769 + 24,14) \cdot 10 + (368 + 322) \cdot 4,3 \cdot 10 \cdot (4,27 - 0,793)] = 147$$

Для оценки общего расхода энергии учитываются потери энергии на собственные нужды электровоза, маневровую работу, в контактной сети, тяговых подстанциях

$$A_{\text{общ}} = A_{\text{об}} \cdot \frac{k_{\text{с.н.}} \cdot k_{\text{ман}}}{\eta_{\text{к.с.}} \cdot \eta_{\text{т.п.}} \cdot \eta_{\text{э}}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где $k_{\text{с.н.}}$, $k_{\text{ман}}$ – коэффициенты, учитывающие расход энергии соответственно на собственные нужды $k_{\text{с.н.}}=1,15$ и при маневрах – в основном передвижение составов при погрузке и разгрузке $k_{\text{ман}}=1,15$;

$\eta_{\text{к.с.}}$, $\eta_{\text{т.п.}}$, $\eta_{\text{э}}$ – КПД соответственно контактной сети (0,9), тяговой подстанции (0,95), электровоза (0,85).

$$A_{\text{общ}} = 147 \cdot \frac{1,1 \cdot 1,15}{0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,85} = 256, \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Эксплуатационный расчет железнодорожного транспорта карьера.

Время рейса (оборота) локомотивосостава

$$T_{\text{об}} = t_{\text{погр}} + \sum t_{\text{об}} + t_{\text{разг}} + t_{\text{ож}}, \text{ мин.},$$

где $t_{\text{погр}}$ – время погрузки состава

$$t_{\text{погр}} = 1,1 \cdot n_{\text{д}} \cdot N \cdot t_{\text{цикла}}, \text{ мин.},$$

где $t_{\text{цикла}}=0,5$ мин – время цикла экскаватора;

$$t_{\text{разг}} = t_{\text{рд}} \cdot n_{\text{д}} - \text{время разгрузки состава, мин.};$$

$t_{\text{рд}}=2$ мин – время разгрузки вагона, мин;

$\sum t_{\text{об}}$ – суммарное время движения по участкам трассы соответственно груженого и порожнего поездов, мин;

$t_{\text{ож}}=7$ мин – время простоя локомотивосостава в ожидании погрузки и остановки на раздельных пунктах, мин.

$$t_{\text{погр}} = 1,1 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 0,5 = 23,1, \text{ мин.}$$

$$t_{\text{разг}} = 2 \cdot 8 = 16, \text{ мин.}$$

$$T_{\text{об}} = 23,1 + 10,8 + 16 + 7 = 56,5, \text{ мин.}$$

Производительность локомотивосоставов измеряется количеством полезного ископаемого или горной массы, вывезенных из карьера в единицу времени (обычно в сутки).
Суточная производительность, т/сут, определяется числом вагонов в составе, емкостью вагонов и временем оборота локомотивосостава по выражению

$$Q_{лс} = r \cdot n_{\partial} \cdot m_{\partial}, \text{ т/сут,}$$

где T – время работы транспорта в сутки, ч;

$n_{\partial} \cdot m_{\partial}$ – масса груза в составе, т;

r – число рейсов, которое может совершить локомотивосостав в сутки

$$r = \frac{T}{T_{об}}$$

$$r = \frac{1440}{56,5} = 25,5.$$

$$Q_{лс} = 25,5 \cdot 7 \cdot 124 = 22134 \text{ , т/сут.}$$

Необходимое количество рейсов всех локомотивосоставов в сутки определяется

$$R = K_{нт} \cdot \frac{Q_{кар.сут.}}{n_{\partial} \cdot q},$$

где $K_{нт} = 1,25$ – коэффициент неравномерности работы транспорта;

$Q_{кар.сут.}$ – суточная производительность карьера (суточный грузооборот), т/сут

$$Q_{кар.сут.} = \frac{Q_{к.год.} \cdot n_{см}}{T_p}, \text{ т/сут,}$$

где $T_p = 770$ – число рабочих смен работы экскаватора в году;

$n_{см}$ – число смен в сутки;

$Q_{к.год.}$ – годовая производительность карьера, млн т/год.

$$Q_{кар.сут.} = \frac{80000000 \cdot 3}{770} = 311688,31 \text{ , млн т/сут,}$$

$$R = 1,25 \cdot \frac{311688,31}{7 \cdot 125} = 356.$$

Необходимый рабочий парк электровозов

$$N_{раб} = \frac{R}{r}.$$

$$N_{раб} = \frac{356}{25} = 14.$$

Инвентарный парк локомотивов

$$N_{л.инв.} = N_{раб} + N_{рем} + N_{рез} + N_{хоз},$$

где $N_{рем}$ – число локомотивов, находящихся в ремонте ($N_{рем} = 0,15N_{раб}$)

$N_{рез} = 0,1 N_{раб}$ – число резервных локомотивов;

$N_{хоз} = 2$ – локомотивы, находящиеся на хозяйственных работах.

$$N_{рем} = 0,15 \cdot 14 = 2,1;$$

$$N_{рез} = 0,1 \cdot 14 = 1,4;$$

$$N_{л.инв.} = 14 + 2,1 + 1,4 + 2 = 19,5.$$

Число рабочих думпкаров

$$N_{\partial.раб.} = n_{\partial} \cdot N_{л.раб.}$$

$$N_{\partial.раб.} = 7 \cdot 14 = 98.$$

Инвентарный парк думпкаров

$$N_{\text{д.инв.}} = K_{\text{д}} \cdot N_{\text{д.раб}},$$

где $K_{\text{д}}=1,3$ - коэффициент, учитывающий число думпкаров, находящихся в ремонте и резерве.

$$N_{\text{д.инв.}} = 1,3 \cdot 98 = 127.$$

Расчет автотранспорта

Тяговый расчет автотранспорта

В задачи тягового расчета входят:

- определение силы тяги, развиваемой двигателем на ведущих колесах автомобиля (касательная сила тяги);
- определение суммарного сопротивления движению и необходимого тягового усилия автомобиля для преодоления этого сопротивления;
- определение условий результатов торможения, учитывая ограничение по сцеплению колес с дорожным покрытием, исходя из допустимых скоростей, обеспечивающих безопасность движения при торможении;
- проверка тяговых электродвигателей на нагрев (для автосамосвалов с электромеханической трансмиссией).

Для выполнения поставленной цели, прежде всего, выберем по грузоподъемности тип автосамосвала в зависимости от принятого экскаватора, который принимается исходя из годовой производительности карьера.

Принимаем БелАЗ серии 7513 (техническая характеристика табл.3.1)

Таблица 3.1

Техническая характеристика автосамосвала БелАЗ 7514

Трансмиссия	Электромеханическая
Грузоподъемность, т	120
Собственная масса, т	90
Распределение массы по осям, %	
на переднюю ось	33
на заднюю ось	67
Тяговый электродвигатель	ДК-722
Номинальная мощность, кВт	956
Мощность тягового двигателя, кВт	360
Номинальный ток электродвигателя, А	520
Удельный расход топлива, г/(кВт ч)	206,6
Наименьший радиус поворота, м	13
Вместимость платформы (геом.), м ³	31

Вместимость платформы (с "шапкой" 2:1), м ³	47
Вместимость платформы для легких грузов (геом.), м ³	90
Вместимость платформы для легких грузов (с "шапкой" 2:1), м ³	110
Время подъема платформы с грузом, с	20
время опускания платформы, с	18

Определение силы тяги и сопротивлений движению

Наибольшая касательная сила тяги F_k , Н, необходимая для преодоления суммарного сопротивления движению, для случая разгона груженого автомобиля на затяжном подъеме (в выездной траншее) может быть определена из соотношения

$$F_k \geq \sum W = W_0 + W_i + W_k + W_j, \text{ Н,}$$

где $\sum W$ - суммарное сопротивление движению, Н;

W_0 – основное сопротивление движению, Н;

W_i – сопротивление от уклона дороги, Н;

W_k – сопротивление на криволинейных участках пути, Н;

W_j – сопротивление сил инерции, Н.

$$W_0 = \omega_0 \cdot P \cdot g, \text{ Н,}$$

где P – масса груженого автомобиля, т;

g – ускорение свободного падения, м/с².

$$P = P_a + P_{gp}, \text{ т,}$$

где P_a – масса порожнего автомобиля, т,

$P_{gp} = 6 \cdot 15 \cdot 0,9 \cdot 1,45 = 117,45$ т – масса груза в кузове, т;

$\omega_0 = 30$ Н/кН – удельное основное сопротивление, Н/кН.

$$P = 90 + 117,45 = 207,45, \text{ т.}$$

$$W_0 = 30 \cdot 207,45 \cdot 10 = 62235, \text{ Н.}$$

$$W_i = i \cdot P \cdot g, \text{ Н,}$$

где $i = 0,5$ уклон по поверхности, ‰.

$$W_i = 0,5 \cdot 207,45 \cdot 10 = 1027,25, \text{ Н.}$$

$$W_k = \omega_k \cdot P \cdot g, \text{ Н,}$$

где $\omega_k = 30 \cdot \frac{200 - R}{200}$ - удельное сопротивление на кривых участках дороги,

Н/кН;

$R = 50$ м – радиус кривых автодороги, м.

$$\omega_k = 30 \cdot \frac{200 - 50}{200} = 22,5, \text{ Н/кН.}$$

$$W_k = 22,5 \cdot 207,45 \cdot 10 = 46676,25, \text{ Н.}$$

$$W_j = 102 \cdot P \cdot g \cdot (1 + \gamma) \cdot \alpha, \text{ Н,}$$

где $\gamma = 0,01$ – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс автомобиля;

$\alpha = 0,2$ – ускорение или замедление автомобиля, м/с.

$$W_j = 102 \cdot 207,45 \cdot 10 \cdot (1 + 0,01) \cdot 0,2 = 42742,99, \text{ Н.}$$

$$F_k \geq \sum W = 62235 + 1027,25 + 46676,25 + 42742,99 = 152681,45, \text{ Н.}$$

Касательная сила тяги имеет ограничение по сцеплению ведущих колес автосамосвала с дорожным покрытием. Поэтому, значение F_k проверяется по условию

$$F_k \leq P_{сц} \cdot \psi, \text{ кН,}$$

где $P_{сц}$ – сцепной вес автосамосвала, кН;

$\psi=0,57$ – коэффициент сцепления колес с дорогой.

$$P_{сц} = K_{сц} \cdot P \cdot g, \text{ кН,}$$

где $K_{сц}=0,67$ – коэффициент сцепного веса

$$P_{сц} = 0,67 \cdot 207,45 \cdot 10 = 1389,9, \text{ кН.}$$

$$F_k \leq 1389,9 \cdot 0,57, \text{ кН.}$$

$$152,68 < 792,25$$

для груженого автосамосвала

$$W_0 = 30 \cdot 207,45 \cdot 10 = 62235, \text{ Н.}$$

$$W_i = 0,5 \cdot 207,45 \cdot 10 = 1027,25, \text{ Н.}$$

$$W_k = 22,5 \cdot 207,45 \cdot 10 = 46676,25, \text{ Н.}$$

$$\omega_k = 30 \cdot \frac{200 - 50}{200} = 22,5, \text{ Н/кН.}$$

$$W_j = 102 \cdot 207,45 \cdot 10 \cdot (1 + 0,01) \cdot 0,2 = 42742,99, \text{ Н.}$$

$$F_k \geq \sum W = 62235 + 1027,25 + 46676,25 + 42742,99 = 152681,45, \text{ Н.}$$

$$V=9 \text{ км/ч;}$$

для порожнего автосамосвала

$$W_0 = 30 \cdot 90 \cdot 10 = 27000, \text{ Н.}$$

$$W_i = 0,5 \cdot 90 \cdot 10 = 450, \text{ Н.}$$

$$W_k = 22,5 \cdot 90 \cdot 10 = 20250, \text{ Н.}$$

$$W_j = 102 \cdot 207,45 \cdot 10 \cdot (1 + 0,01) \cdot 0,2 = 42742,99, \text{ Н.}$$

$$F_k \geq \sum W = 27000 + 450 + 20250 + 42742,99 = 90442,95, \text{ Н.}$$

$$V=22,4 \text{ км/ч;}$$

Определение допустимой скорости движения автосамосвала на отдельных участках

Скорость на участка трассы определяются по тяговой характеристике автосамосвала

$V_{груженого} = 9$

$V_{порожного} = 22,4$

Полный путь торможения

$$L_{нт} = L_{дв} + L_m, \text{ м.}$$

где $L_{дв} = 0,278 \cdot V_{пр} \cdot t$ - путь проходящий автомобилем за время реакции водителя, м;

$t_p \approx 1$ с – время реакции водителя;

L_m – тормозной путь автосамосвала, м

$$L_m = \frac{3,9 \cdot (1 + \gamma) \cdot V^2}{\omega_0 + i + 1000 \cdot \psi}, \text{ м.}$$

Путь, проходящий грузным автомобилем за время реакции водителя

$$L_{\text{дв}} = 0,278 \cdot 4,7 \cdot 1 = 1,4, \text{ м.}$$

Путь, проходящий порожним автомобилем за время реакции водителя

$$L_{\text{дв}} = 0,278 \cdot 8,81 \cdot 1 = 2,5, \text{ м.}$$

Тормозной путь грузного автосамосвала

$$L_m = \frac{3,9 \cdot (1 + 0,01) \cdot 9^2}{30 + 0,5 + 1000 \cdot 0,57} = 0,53, \text{ м.}$$

Тормозной путь порожнего автосамосвала

$$L_m = \frac{3,9 \cdot (1 + 0,01) \cdot 22,4^2}{30 + 0,5 + 1000 \cdot 0,57} = 3,29, \text{ м.}$$

Полный путь торможения грузного автомобиля

$$L_{nm} = 1,4 + 0,53 = 1,9, \text{ м.}$$

Полный путь торможения порожнего автомобиля

$$L_{nm} = 2,5 + 3,29 = 5,75, \text{ м.}$$

По условиям безопасного торможения, полный тормозной путь автомобиля должен быть меньше расстояния видимости L_v , м, в данной местности на менее чем на длину машины

L_M .

$$L_v = 100 \text{ м; } L_M = 15 \text{ м.}$$

Таким образом, должно соблюдаться условие

$$L_{nm} \leq L_v + L_M$$

$$L_{nm} \leq 100 + 15$$

$$L_{nm} \leq 115$$

Условие возможного заноса автосамосвала на поворотах

$$V \leq 3,9 \cdot \sqrt{g \cdot R \cdot (f_{ск} + i_e)},$$

где $f_{ск} = 0,4$ – коэффициент бокового скольжения;

$i_e = 0,04$ – поперечный уклон виража.

$$V \leq 3,9 \cdot \sqrt{10 \cdot 15 \cdot (0,3 + 0,02)} = 27.$$

Ограничим скорость порожнего автомобиля до 42 км/ч.

Эксплуатационный расчет автомобильного транспорта

В задачи эксплуатационного расчета входит следующее:

- определение потребного парка автосамосвалов;
- определение пропускной способности карьерных автодорог и производной способности автотранспорта;
- определение расхода топлива автосамосвалами на транспортировку горной массы.

3.2.1 Определение потребного парка автосамосвалов

Рабочий парк автосамосвалов для карьера определяется средневзвешенными величинами расстояния транспортирования, высоты подъема (спуска) груза и, в конечном счете, времени рейса автосамосвала.

Время рейса автосамосвала

$$T_p = t_n + t_{\text{дв}} + t_p + t_{\text{доп}}, \text{ мин,}$$

где $t_n, t_{\partial e}$ – время соответственно погрузки и движения в грузовом и порожняковом направлениях, мин;

$t_p, t_{\partial on}$ – время разгрузки и дополнительное время на маневры, мин.

Время погрузки автомобиля

$$t_{\text{погр}} = N \cdot t_{\text{цикл}}, \text{ мин,}$$

где N – число ковшей, разгружаемых кузов автомобиля;

$t_{\text{цикл}}$ – время цикла экскаватора, мин.

$$t_{\text{погр}} = 6 \cdot 0,7 = 4,2, \text{ мин.}$$

Время движения $t_{\partial ei}$

$$t_{\partial ei} = \sum_1^i t_{\partial ei} = \sum_1^i 60 \cdot \frac{l_i}{V_i}, \text{ мин,}$$

где $t_{\partial ei}$ – время движения автомобиля на i -м участке дороги, определяется по скорости движения, рассчитанной для каждого участка профиля дороги;

l_i – длина участка, м;

V_i – скорость автомобиля на i -ом участке, км/ч.

$$t_{\partial e} = 60 \cdot \frac{2,5}{9} + 60 \cdot \frac{2,5}{22,4} = 23,36, \text{ мин.}$$

Время разгрузки $t_p=0,5$ мин;

$$T_p = 4,2 + 23,36 + 0,5 + 1 = 29,06, \text{ мин.}$$

Число рейсов r одного самосвала за смену

$$r = \frac{T_{\text{см}} \cdot K_e}{T_p},$$

где $T_{\text{см}}$ – длительность смены, мин,

$K_e=0,7$ – коэффициент использования сменного времени.

$$r = \frac{420 \cdot 0,7}{29,06} = 11.$$

Сменная эксплуатационная производительность, т/смену, самосвала

$$Q_{\text{а.см}} = r \cdot q \cdot K_q, \text{ т/смену,}$$

где K_q – коэффициент использования грузоподъемности автосамосвала

$$K_q = \frac{q_{\text{ф}}}{q},$$

где $q_{\text{ф}}$ – фактическая масса груза в кузове машины, т.

$$K_q = \frac{117,45}{120} = 0,978.$$

$$Q_{\text{а.см}} = 11 \cdot 120 \cdot 0,978 = 1290,96, \text{ т/смену.}$$

Рабочий парк самосвалов

$$N_p = \frac{Q_{\text{к.см}}}{Q_{\text{а.см}}},$$

где $Q_{\text{к.см}}$ – сменная производительность карьера

$$Q_{\text{к.см}} = \frac{Q_{\text{к.год}} \cdot k_H}{T_p}, \text{ т,}$$

где T_p – число рабочих смен автотранспорта в году;

$$Q_{к.см} = \frac{k_n=1,1 \cdot 56000000}{770} = 80000 \text{ ,т.}$$

$$N_p = \frac{80000}{1290,96} = 62 .$$

Инвентарный парк самосвалов

$$N_{инв} = \frac{N_p}{\sigma_m} ,$$

где $\sigma_m = 0,7$ – коэффициент технической готовности автопарка.

$$N_{инв} = \frac{62}{0,8} = 78 .$$

Определение пропускной и провозной способностей транспортной системы

Правильно спроектированная и хорошо функционирующая транспортная системы карьера позволяет получать на выходе к приемным пунктам грузопотоки с заданными параметрами и определенным уровнем вероятности их достижения, меньшим единицам. Мощность грузопотока будет, как правило, меньше или больше расчетной величины. Чтобы обеспечить надежную реализацию расчетных грузопотоков, необходимо проверить возможности запроектированной транспортной системы по формированию этих потоков.

Пропускная и провозная способности транспортной системы определяется для наиболее нагруженного участка трассы, где концентрируются грузопотоки. Таким участком обычно является выездная траншея.

Пропускная способность полосы автодороги (количество автосамосвалов в час) при двухполосном движении машин определяется из выражения

$$N = \frac{1000 \cdot V}{k_n \cdot S_b} ,$$

где V – расчетная скорость движения автосамосвалов на данном участке, км/ч;

$k_n=1,3$ – коэффициент неравномерности движения;

S_b – безопасный интервал между автосамосвалами

$$S_b = S_T + l_a , \text{ м,}$$

где S_T – полный тормозной путь автосамосвала (с учетом тормозного пути), м;

l_a – длина автосамосвала, м.

Полный тормозной путь груженого автосамосвала

$$S_b = 1,9 + 11,5 = 21,85 \text{ , м.}$$

Полный тормозной путь порожнего автосамосвала

$$S_b = 5,75 + 11,5 = 66,12 \text{ , м.}$$

Пропускная способность груженных автосамосвалов

$$N = \frac{1000 \cdot 9}{1,3 \cdot 21,85} = 316,85 .$$

Пропускная способность порожних автосамосвалов

$$N = \frac{1000 \cdot 22}{1,3 \cdot 66,12} = 255,9 .$$

Провозная способность транспортной системы определяется также для наиболее нагруженного участка дорожной трассы:

$$M = \frac{N}{f} q_a k_q \quad (51)$$

где N – пропускная способность участка дороги; $q_a=120$ – грузоподъемность самосвала, т; $k_q=0,978$ – коэффициент использования грузоподъемности авто самосвала; f – коэффициент резерва пропускной способности принимаемый в пределах 1,75-2,0;

$$M = \frac{317}{1.75} \cdot 120 \cdot 0,978 = 21258,9, \text{ т.}$$

Проверим по условию:

$$M \geq Q_{\text{сут}} / T_{\text{сут}}$$

где $Q_{\text{сут}}=1147502$ – максимальный расчетный суточный грузопоток на данном участке трассы, т; $T_{\text{сут}}=24$ – число часов работы карьера в сутки;

$$21258,9 \geq 1147502 / 24 = 885,78$$

Коэффициент резерва провозной способности

$$k_p = M / Q_{\text{ч}}$$

где $Q_{\text{ч}}=1147502/8=1434$ – часовой грузопоток, т

$$k_p = 21258,9 / 1434 = 3,3$$

Определение расхода топлива

Расход топлива при движении на каждом участке маршрута определяется зависимостью

$$\Delta Q_s = \frac{q_e \cdot N_e \cdot \Delta S}{1000 \cdot V_a \cdot \gamma_T \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot \eta_e}, \text{ л,}$$

где q_e – паспортный расход топлива, г/кВт·ч

N_e – мощность дизеля, кВт;

V_a – средняя скорость движения автомобиля, км/ч;

ΔS – протяженность участка маршрута, м;

$\gamma_T=850$ кг/м³ – плотность топлива, кг/м³;

$\eta_{\text{тр}}=0,95$ – КПД трансмиссии

$\eta_e=0,95$ – коэффициент использования максимальной мощности двигателя.

$$\Delta Q_s = \frac{206,6 \cdot 956 \cdot 2500}{1000 \cdot 15,5 \cdot 850 \cdot 0,95 \cdot 0,95} = 41,52, \text{ л.}$$