

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**



ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ

УЧЕБНО - МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ



Ташкент – 2021

УДК 621.271

Аннакулов Т.Ж., Кувандиков О.А., Отажанов Б.О., Зиёдов Н.Р. Учебно- методическое пособие «Транспортные машины». – Ташкент, 2021. -112 с.

Настоящее учебно-методическое пособие по выполнению практических занятий разработано для студентов- бакалавров по направлениям “Горная электромеханика” и “Технологические машины и оборудование (горная)” согласно программе курса «Транспортные машины».

В учебно-методическом пособии приводятся описания 25 практических занятий. На каждое практическое занятие приведены цель работы, краткие теоретические сведения, примеры расчетов, задачи для самостоятельных работ и контрольные вопросы. На практических занятиях студенты изучают основные технические и технологические параметры транспортных машин горных предприятий.

Данное пособие может быть использовано и при выполнении курсовых и выпускных работ студентами- бакалаврами.

Печатается согласно решению научно- методического совета Ташкентского государственного технического университета.

Протокол № 9 от 26 мая 2021 г.

Рецензенты:

д.т.н., проф. Тошов Ж.Б. (ТашГТУ);

к.т.н., доц. Мирсаидов Г.М. (ТашГТУ)

©Ташкентский государственный технический университет, 2021

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ УСТРОЙСТВ

Цель работы: изучение методов определения производительности транспортных установок горных предприятий.

Краткие теоретические сведения

Производительность транспортной установки определяется количеством груза, транспортируемого в единицу времени, и выражается в весовых (Q , $t/час$) или объемных (V , $m^3/час$) единицах. В некоторых случаях она исчисляется в условных единицах транспортной работы - в тонно-километрах или тонно-метрах (QL , $t.км$ или $t.м$). Так выражается, например, производительность локомотивной откатки.

Необходимая действительная сменная производительность транспортной установки $A_{см}$, выраженная в тоннах, определяется плановым заданием. Например, для установки, транспортирующей уголь из длинного очистного забоя (лавы) при работе по графику: цикл в сутки,

$$A_{см} = \frac{Lbh\gamma}{n_c}, \text{ т/смена} \quad (1)$$

где L — длина очистного забоя (лавы), $м$;

b — ширина вынимаемой полосы, $м$;

h — вынимаемая мощность пласта, $м$

γ — вес $1 m^3$ угля в массиве, $т/м^3$;

n_c — число смен по выдаче добычи за один цикл [в очистном забое (лаве) обычно 2].

Для установки, обслуживающей основной, направленный к стволу шахты, грузопоток полезного ископаемого,

$$A_{см} = \frac{A_{г}}{n_{дн}n_{см}} + A_{п}, \text{ т/смену} \quad (2)$$

где $A_{г}$ — годовая производительность шахты, $т/год$;

$n_{дн}$ — число рабочих дней в году (300 при прерывной рабочей неделе);

$n_{см}$ — число смен работы транспорта;

$A_{\text{п}}$ — количество породы, подлежащей транспортированию за смену, *т/смену*.

Отношение «чистого» времени работы транспортной установки (T) за данный период времени (смену) или так называемого «машинного времени» к общей продолжительности этого периода времени (смены) (T_0) представляет собой коэффициент использования транспортной установки во времени k_B .

Коэффициент использования транспортной установки за смену

$$k_B = \frac{T}{T_0} \quad (3)$$

Величина T меньше T_0 , так как из общей продолжительности смены часть времени расходуется на:

1) осмотр транспортной установки при ее приеме-сдаче между сменами; это время составляет обычно около 30 мин.;

для некоторых установок на осмотр в течение смены или выполнение необходимых для продолжения работы операций (например, смена батарей аккумуляторных электровозов, связанная с остановкой, смазка и пр.);

2) вынужденные простои из-за неувязок в производственном процессе; эти потери при правильной организации работ по добыче и транспорту не должны иметь места.

Величина T при 7-часовом рабочем дне в зависимости от рода установки принимается в пределах 6,5—5,5 час. Соответственно $k_B = 0,93$ -г- 0,78.

При заданной сменной производительности $A_{\text{см}}$ средняя часовая производительность транспортной установки за машинное время $T_{\text{час}}$ составляет

$$Q_{\text{ср}} = \frac{A_{\text{см}}}{T}, \quad \text{т/час} \quad (4)$$

Производительность установки должна соответствовать наибольшему количеству груза, которое может в определенный промежуток времени поступать на установку. В соответствии с этим определяется расчетная производительность транспортной установки

$$Q = kQ_{\text{ср}} = k \frac{A_{\text{см}}}{T} = \frac{k}{k_B} \frac{A_{\text{см}}}{T_0}, \quad \text{т/час} \quad (5)$$

где $k = \frac{Q}{Q_{\text{ср}}}$ — коэффициент неравномерности производительности транспортной установки.

Величина $k > 1$ характеризует собой резерв производительности транспортной установки, необходимый для преодоления неравномерности действия и «пиковых» нагрузок.

Производительность конвейера в комбайновой лаве должна быть не меньше наибольшей возможной производительности комбайна в данных условиях. То же относится и к другим погрузочным агрегатам, например, к погрузочной машине или стругу.

Основные параметры транспортного устройства, от которых зависит его производительность, следует определять по рассмотренной выше расчетной величине производительности $Q_{(m/час)}$.

Для двух основных групп транспортных устройств — непрерывного и периодического или циклического действия — параметры производительности определяются по-разному.

Устройства непрерывного действия

Производительность устройств этой группы, например, всех типов конвейеров, установок для откатки бесконечным канатом в вагонетках и пр., определяется произведением количества груза, приходящегося на единицу длины установки, или так называемой погонной нагрузки, на величину рабочей скорости.

Так, при погонной нагрузке q (кг/м) и рабочей скорости v (м/сек) секундная производительность равна qv (кг/сек) и часовая

$$Q = 3600 \frac{qv}{1000} = 3.6qv, \quad m/час. \quad (6)$$

Если груз движется непрерывной струей, сечение которой равно F (м²), то

$$q = 1000F\gamma, \quad кг/м, \quad (7)$$

где γ - насыпной вес груза, m/m^3 .

Если груз перемещается в желобе, например, в желобе скребкового или винтового конвейера и т. д., или в трубе и сечение желоба или трубы F_0 (м²), а коэффициент наполнения желоба или трубы грузом равен ϕ , то:

$$q = 1000F_0\gamma\phi, \quad кг/м \quad (8)$$

$$Q = 3600Fv\gamma = 360F_0v\gamma\phi, \quad m/час. \quad (9)$$

Если перемещение происходит в ковшах емкостью i_0 (л), например, при помощи ковшевого элеватора, а коэффициент наполнения ковшей ϕ и расстояние между ними a (м), то:

$$q = \frac{i_0}{a}\gamma\phi, \quad кг/м; \quad (10)$$

$$Q = 3.6 \frac{i_0}{a} v \gamma \varphi, \quad m/час. \quad (11)$$

В случае откатки в вагонетках при весе груза в вагонетке G (кг),

$$Q = 3.6 \frac{G}{a} v = 3.6 \frac{G}{t}, \quad m/час. \quad (12)$$

где t — интервал времени между вагонетками, сек.

Между весовой Q и объемной V производительностью установки имеется соотношение

$$Q = V \gamma, \quad m/час. \quad (13)$$

Следовательно, из выражений (9), (11) и (12):

$$V = 3600 F_0 v \varphi, \quad m^3/час \quad (14)$$

$$V = 3.6 \frac{i_0}{a} v \varphi, \quad m^3/час; \quad (15)$$

$$V = 3.6 \frac{G}{a \gamma} v, \quad m^3/час. \quad (16)$$

Из предыдущих выражений по требуемой величине весовой или объемной производительности, выбрав рабочую скорость, характерную для установки данного типа, можно найти параметры F_0 , i_0/a , G/a , G и t , которые определяют производительность.

В некоторых случаях, особенно при относительно небольшой производительности и крупнокусковом насыпном грузе, при выборе ширины несущего органа, размеров желоба или трубы и размеров и емкости ковша или вагонетки, необходимо соотноситься с величиной кусков. Соответствующие практические нормы для разных типов устройств приводятся ниже.

Устройства периодического действия

Если работа транспортного устройства характеризуется *периодичностью действия*, например, если груз транспортируется составами из Z вагонеток, вмещающих G (кг) каждая, и число рейсов в час равно n_p (например, при откатке локомотивами), то производительность установки

$$Q_T = \frac{Z * G * n_p}{1000} = \frac{3600 * Z * G}{1000 * t_p}, \quad m/час \quad (17)$$

При перемещении груза в одном сосуде, например, в скипе, в предыдущем выражении $Z = 1$.

При принятой определенной средней скорости движения состава с увеличением длины транспортирования возрастает про-

должительность периода T_p , а, следовательно, для достижения той же производительности должно быть увеличено число курсирующих составов Z или полезный вес состава G_z или то и другое.

Таким образом, на установках периодического действия значение параметров производительности установки зависит не только от величины производительности, но и от длины транспортирования. Напротив, на установках непрерывного действия значение параметров производительности связано только с потребной величиной производительности и от длины транспортирования не зависит [уравнения (9), (11) и (12)].

Примеры расчетов производительности транспортных установок

Пример 1

Определить необходимую сменную производительность транспортной установки $A_{см}$, для условий забоя: длина очистного забоя (лавы), $L = 200 м$; ширина вынимаемой полосы, $b = 0,5 м$; вынимаемая мощность пласта, $h = 3 м$; вес $1 м^3$ угля в массиве, $\gamma = 1,0 т/м^3$; число смен по выдаче добычи за один цикл, $n_c = 2$.

Решение

По формуле (1)

$$A_{см} = \frac{Lbh\gamma}{n_c} = \frac{200 \cdot 0,5 \cdot 3 \cdot 1}{2} = 150 \text{ т/смена}$$

Ответ: Необходимая сменная производительность транспортной установки $A_{см} = 150 \text{ т/смена}$.

Пример 2

Определить необходимую среднюю часовую производительность транспортной установки при заданной сменной производительности добычного участка $A_{см} = 500 \text{ т/смена}$, при сменном машинном времени установки $T = 6 \text{ час}$.

Решение

По формуле (4)

$$Q = \frac{A_{см}}{T} = \frac{500}{6} = 83,3 \text{ т/час}$$

Ответ: Необходимая средняя часовая производительность транспортной установки $A_{см} = 83,3 \text{ т/час}$.

Пример 3

Определить часовую производительность транспортной установки при погонной нагрузке $q=50$ кг/м и рабочей скорости $v=2$ м/сек .

Решение

По формуле (6)

$$Q = 3600 \frac{qv}{1000} = 3,6qv = 3,6 * 50 * 2 = 360 \text{ т/час}$$

Ответ: часовая производительность установки составляет $Q = 360$ т/час.

Пример 4

Определить часовую производительность транспортной установки при доставке угля ($\gamma = 0,85$ т/м³), если груз движется непрерывной струей на рабочем органе скребкового конвейера при скорости перемещения $v = 1,2$ м/сек. Рештак скребкового конвейера имеет следующие размеры: $b_1=500$ мм, $b_2=350$ мм, $h=150$ мм

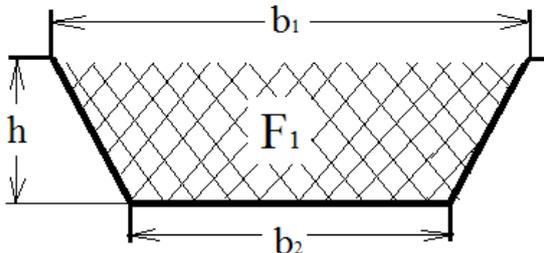


Рис.1. Поперечное сечение рештачного става конвейера

Решение

а) Определяем площадь сечения желоба F :

$$F = \frac{(b_1 + b_2)}{2} * h = \frac{500 + 350}{2} * 150 = 63750 \text{ мм}^2 = 0,0637 \text{ м}^2$$

б) По формуле (6) определяем часовую производительность транспортной установки

$$Q = 3600 * F * v * \gamma = 3600 * 0,0637 * 1,2 * 0,85 = 234 \text{ т/час}$$

Ответ: часовая производительность установки составляет $Q = 234$ т/час.

Пример 5

Определить техническую производительность подземного железнодорожного транспорта с составами из $z=8$ вагонеток, вмещающих $G=3000$ кг каждая и время рейса состава $t_p = 1800$ сек или 0,5 час.

Решение

По формуле (7)

$$Q_T = \frac{z \cdot G \cdot n_p}{1000} = \frac{3600 \cdot z \cdot G}{1000 \cdot t_p} = \frac{3600 \cdot 8 \cdot 3000}{1000 \cdot 1800} = 48 \text{ т/час}$$

Ответ: средняя техническая производительность подземного железнодорожного состава составляет $Q_T = 48$ т/час.

Задачи для самостоятельных работ

Задача 1

Определить необходимую сменную производительность транспортной установки $A_{см}$, для условий забоя: длина очистного забоя (лавы), $L = 250$ м; ширина вынимаемой полосы, $b = 0,6$ м; вынимаемая мощность пласта, $h = 3,2$ м; вес 1 м^3 угля в массиве, $\gamma = 1,1 \text{ т/м}^3$; число смен по выдаче добычи за один цикл, $n_c = 2$.

Задача 2

Определить необходимую среднюю часовую производительность транспортной установки при заданной сменной производительности добычного участка $A_{см} = 600$ т/смена, при сменном машинном времени установки $T = 6,5$ час.

Задача 3

Определить часовую производительность транспортной установки при погонной нагрузке $q = 70$ кг/м и рабочей скорости $v = 1,5$ м/сек.

Задача 4

Определить часовую производительность транспортной установки при доставке угля ($\gamma = 0,8 \text{ т/м}^3$), если груз движется непрерывной струей на рабочем органе ленточного конвейера при скорости перемещения $v = 1,2$ м/сек. Ширина ленты $b = 800$ мм, угол желобчатости ленты $\beta = 30$ градус.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК

Цель работы: изучение методов определения мощности приводов транспортных установок горных предприятий.

Краткие теоретические сведения

На транспортной установке непрерывного действия, служащей для подъема Q (т/час) груза на высоту H (м), полезная мощность, т. е. мощность без учета вредных сопротивлений

$$N_{\text{п}} = \frac{1000QH}{3600 \cdot 75} = \frac{QH}{270}, \text{ л. с. или } N_{\text{п}} = \frac{1000QH}{3600 \cdot 102} = \frac{QH}{367}, \text{ кВт.} \quad (1)$$

здесь 75 – количество груза, которое установлено в килограммах при определении 1 лошадиной силы; 102 – число, определяющее перевод лошадиной силы на киловатт. $1 \text{ Вт} = 1,36 \cdot 10^{-3}$ л.с. ($75 \cdot 1,36 = 102$).

Величина потребной мощности двигателя

$$N = \frac{N_{\text{п}}}{\eta} = \frac{QH}{270\eta}, \text{ л. с. или } N = \frac{QH}{367\eta}, \text{ кВт.} \quad (2)$$

где η – к. п. д. установки

Если транспортное устройство служит для перемещения по горизонтали, то $H = 0$, а следовательно, N и N_n алгебраически обращаются в нуль. Из этого следует, что предыдущие выражения не могут в таком случае служить для определения общей величины мощности.

Поэтому в общем случае для всякого рода установок при определении расхода общей мощности следует отдельно учитывать мощность подъема и мощность, расходуемую на преодоление вредных сопротивлений, возникающих при перемещении груза.

Величина сил вредного сопротивления при перемещении груза определяется значением коэффициента сопротивления. Коэффициентом сопротивления называется отношение сил вредного сопротивления при перемещении груза к его весу.

Если на установке длиной L (м) погонная нагрузка равна q (кг/м), а коэффициент сопротивления w , то вес перемещаемого груза равен qL (кг), сила вредного сопротивления при перемещении груза определяется по формуле

$$W_{\text{вр}} = qL\omega, \text{ кг} \quad (3)$$

и соответственно мощность

$$N_{\text{вр}} = \frac{W_{\text{вр}}\vartheta}{75} = \frac{qL\omega\vartheta}{75} = \frac{QL\omega}{270}, \text{ л. с. или } N_{\text{вр}} = \frac{QL\omega}{367}, \text{ кВт} \quad (4)$$

Полная величина общей мощности

$$N = N_n + N_{\text{вр}} = \frac{QH}{270} + \frac{QL\omega}{270}, \text{ л. с. или } N = \frac{QH}{367} + \frac{QL\omega}{367}, \text{ кВт} \quad (5)$$

Если мощность определяется не на валу двигателя, а на головном валу установки, то величина ее

$$N_0 = N_n + N_{0 \text{ вр}} = \frac{QH}{270} + \frac{QL\omega_0}{270}, \text{ л. с. или } N = \frac{QH}{367} + \frac{QL\omega}{367}, \text{ кВт} \quad (6)$$

где w_0 — коэффициент сопротивления, отнесенный к головному валу, т. е. учитывающий сопротивление на всей установке, но без вредных сопротивлений в передаточном механизме от двигателя к головному валу.

Если η_M — к. п. д. передаточного механизма, то

$$N = \frac{N_0}{\eta_M}, \quad (7)$$

так как $N_0 < N$, то и $w_0 < w$.

Мощность привода определяют в зависимости от режима работы транспортной машины — длительный с постоянной нагрузкой или длительный с переменной нагрузкой.

При работе привода в длительном двигательном режиме с постоянной нагрузкой, характерном для транспортных машин непрерывного действия, установленная мощность двигателя (кВт)

$$N = \frac{k_{\text{зап}} F \vartheta}{1000 * \eta}, \quad (8)$$

здесь $k_{\text{зап}}$ — коэффициент запаса мощности, $k_{\text{зап}} = 1,1 - 1,2$; F — тяговое усилие установки, Н; ϑ — скорость перемещения, м/сек. η — КПД (коэффициент полезного действия) передаточного механизма привода.

Для транспортных машин периодического действия, работа которых характеризуется переменной нагрузкой в течение цикла,

мощность привода определяют по нагреву, соответствующему эквивалентному тяговому усилию $F_{\text{Э}}$ (Н) (его среднеквадратичному значению за цикл работы).

Расход энергии (МДж) транспортной машины определяют за фактическое время ее работы в смену t (ч):

$$\mathcal{E} = 3,6Nt \quad (9)$$

Удельный расход энергии [МДж/(т·км)]

$$\mathcal{E}_{\text{уд}} = \frac{\mathcal{E}}{Q_{\text{см}}L_{\text{м}}} \quad (10)$$

где $Q_{\text{см}}$ - сменная производительность машины, т; $L_{\text{м}}$ - суммарная длина транспортирования, км.

Примеры расчетов по определению мощности транспортных установок

Пример 1

Определить величины потребной мощности двигателя транспортной установки непрерывного действия, служащего для подъема $Q=200$ (т/час) груза на высоту $H=50$ м при к.п.д. редуктора $\eta=0,82$.

Решение

По формуле (1) полезная мощность установки без учета вредных сопротивлений

$$N_{\text{п}} = \frac{1000QH}{3600 \cdot 5} = \frac{QH}{270} = \frac{200 \cdot 50}{270} = 37, \text{ л. с. или}$$

$$N_{\text{п}} = \frac{1000QH}{3600 \cdot 102} = \frac{200 \cdot 50}{367} = 27,2 \text{ кВт.}$$

По формуле (2) определяем величины потребной мощности двигателя

$$N = \frac{N_{\text{п}}}{\eta} = \frac{QH}{270\eta} = \frac{200 \cdot 50}{270 \cdot 0,82} = 45 \text{ л. с. или}$$

$$N = \frac{QH}{367\eta} = \frac{200 \cdot 50}{367 \cdot 0,82} = 33,2 \text{ кВт}$$

Ответ: Величина потребной мощности двигателя транспортной установки составляет $N=45$ л. с. или $N=33,2$ кВт

Пример 2

Определите мощность привода при работе транспортной машины в длительном двигательном режиме с постоянной тяговой силой $F = 3500$ Н при скорости перемещения $v = 3$ м/с и КПД передаточного механизма $\eta = 0,85$.

Решение

По формуле (8) определяем мощность привода транспортной машины

$$N = \frac{k_{\text{зап}} F v}{1000 \cdot \eta} = \frac{1,2 \cdot 3500 \cdot 3}{1000 \cdot 0,85} = 14,8 \text{ кВт}$$

Ответ: Мощность привода транспортной машины составляет $N = 14,8$ кВт

Задачи для самостоятельных работ

Задача 1

Определить величину потребной мощности двигателя транспортной установки непрерывного действия, служащей для подъема $Q = 300$ (т/час) груза на высоту $H = 80$ м при к.п.д. редуктора $\eta = 0,85$.

Задача 2

Определить полную величину общей мощности транспортной установки длиной $L = 120$ м. Погонная нагрузка $q = 24$ кг/м, а коэффициент сопротивления $w = 0,025$.

Задача 3

Решить предыдущую задачу, определяя мощность не на валу двигателя, а на головном валу установки.

Задача 4

Определите мощность привода транспортной машины с постоянной тяговой силой $F = 3800$ Н при скорости перемещения $v = 3,5$ м/с и КПД передаточного механизма $\eta = 0,87$.

Задача 5

Определите расход энергии транспортной машины с приводом мощностью $N = 32$ кВт за время работы $t = 5$ ч.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК

Цель работы: изучение методов определения коэффициента сопротивления движению транспортных установок горных предприятий.

Краткие теоретические сведения

Практически коэффициент сопротивления для разных типов установок колеблется обычно от десятых долей единицы до единицы (0,1-1,0) и больше для установок с высоким расходом энергии.

Коэффициенты сопротивления w и w_0 дают значения, приведенные к валу двигателя и головному валу *установки в целом*. При расчетах требуется часто определять сопротивления на *отдельных участках установки* или отдельных ее элементов. Соответственно коэффициент сопротивления принимается по отношению к перемещаемому грузу брутто, т. е. весу груза и движущихся частей установки. Например, если перемещение происходит в вагонетках с грузом G и собственным весом G_0 (рис. 1), то величина силы сопротивления, непосредственно приложенной к вагонетке при равномерном движении по горизонтали, а следовательно, и необходимой движущей силы

$$W = (G + G_0)w', \quad (1)$$

а при движении по наклону под углом β (град.) вверх или вниз соответственно

$$W = (G + G_0)(w' \cos \beta \pm \sin \beta) \quad (2)$$

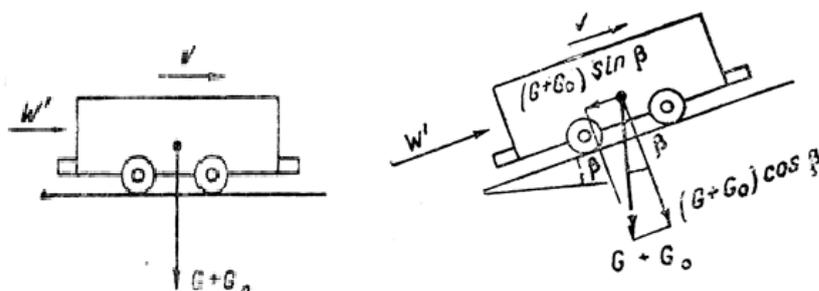


Рис. 1. К определению сопротивления движению вагонетки

Если при движении вниз продольная составляющая веса больше силы вредного сопротивления, например, $W < 0$, то это значит, что вагонетку надо не толкать или тянуть, а удерживать для постоянства скорости ее движения. При этом движущая сила самой вагонетки $P' = -W'$.

Коэффициент сопротивления движению вагонов определяется таким образом

$$\omega = \frac{W}{G_0} \quad (3)$$

При движении вагонетки с постоянной скоростью по горизонтальному прямолинейному пути имеют место следующие сопротивления: сопротивление от трения в подшипниках вагонетки $W_{\text{подш}}$, сопротивление от трения качения колес по рельсам $W_{\text{кач}}$ и сопротивление от трения скольжения реборд колес по рельсам $W_{\text{реб}}$.

Опытным путем найдено, что трение реборды колеса о рельс на прямом пути составляет 50-70% от суммы $W_{\text{подш}}$ и $W_{\text{кач}}$. Общее или суммарное сопротивление движению W , таким образом, может быть представлено следующим выражением:

$$W = W_{\text{подш}} + W_{\text{кач}} + W_{\text{реб}} = (1,5 \div 1,7) \frac{f_1 r + f_2}{R} G_B, \quad (4)$$

где G_B – полный вес вагонетки, кг; f_1 – коэффициент трения в подшипниках; f_2 – коэффициент трения качения колес по рельсам; $r = d/2$ – радиус цапфы оси вагонетки, м; R – радиус колес, м.

При тяговых расчетах удобно пользоваться не коэффициентом сопротивления движению, а так называемым «удельным сопротивлением движению» ω , численно равным $1000\omega'$. Удельное сопротивление движению имеет размерность кг/т и выражает в кг тяговое усилие, необходимое на перемещение одной тонны веса вагонетки.

При отгибании тяговым органом блока или барабана общее сопротивление складывается из сопротивления вследствие жесткости сгибаемого при набегании и разгибаемого при сбегании тягового органа и вследствие трения в ступице блока (ступицах барабана) или в шейках вала, на котором он насажен. Кроме того, в цепной передаче имеется трение на зубцах звездочки.

При отгибании криволинейной направляющей или батареи

роликов, помимо сопротивления от жесткости тягового органа, имеются потери от трения на кривых (скольжение или качение). Величина всех этих сопротивлений *пропорциональна натяжению тягового органа*, так что натяжение на сбегающей ветви где коэффициент $K > 1$.

$$S_{сб} = S_{нб} + w_{кр} = S_{нб} + kS_{нб} = (1 + k) S_{нб} = KS'_{нб}, \quad (5)$$

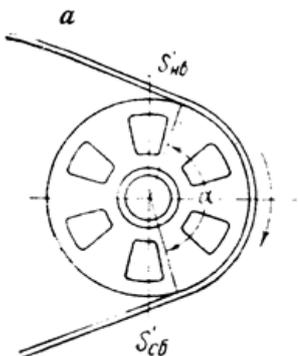


Рис.2. Схема отгибания тяговым органом гладкого блока

Практически величина сопротивления на блоках и барабанах $W_{кр}$ лежит в пределах 3—10% $S_{нб}$ и обычно составляет 5—7%. В последнем случае

$$W_{кр} = (0,05 \div 0,07) S_{нб} \quad (6)$$

$$S_{нб} = (1,05 \div 1,07) S_{нб} \quad (7)$$

Сопротивление на приводном блоке можно считать в пределах 3—5% суммы натяжения на набегающей и сбегающей ветвях

$$W_{бл(прив)} = k(S_{нб} + S_{сб}) = (0,03 \div 0,05)(S_{нб} + S_{сб}). \quad (8)$$

Примеры расчетов по определению коэффициентов сопротивления движению транспортных установок

Пример 1

Определить коэффициент сопротивления движению трехтонной вагонетки с грузом и порожняком по горизонтальным прямолинейным путям. $G_B = 3000 \text{ кг}$, $G_0 = 1550 \text{ кг}$;

Решение

Для трехтонной вагонетки принимаем: радиус цапфы оси вагонетки $r = d/2 = \frac{0,065}{2} = 0,0325 \text{ м}$; радиус колес $R = 0,175 \text{ м}$; коэффициент трения в подшипниках и коэффициент трения

качения колес по рельсам соответственно $f_1 = 0,0015$ и $f_2 = 0,001$

По формуле (4):

а) для груженой вагонетки

$$W = (1,5 \div 1,7) \frac{f_1 r + f_2}{R} G_B = 1,5 \frac{0,0015 * 0,0325 + 0,001}{0,175} 3000 = 26 \text{ кг}$$

$$\omega = \frac{W}{G_B} = \frac{26}{3000} = 0.0086 \text{ или } 8.6 \text{ Н/кН}$$

а) для порожней вагонетки коэффициент трения качения колес по рельсам $f_2 = 0,002$.

$$W = (1,5 \div 1,7) \frac{f_1 r + f_2}{R} G_B = 1,5 \frac{0,0015 * 0,0325 + 0,002}{0,175} 1550 = 13,5 \text{ кг.}$$

$$\omega = \frac{W}{G_0} = \frac{27,2}{1550} = 0.01 \text{ или } 10 \text{ Н/кН}$$

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Цель работы: изучение метода определения силы сопротивления движению вагонеток и железнодорожных составов горных предприятий.

Краткие теоретические сведения

Сопротивление движению вагонетки складывается из:

а) Основного сопротивления W_1 (см.рис.1).

$$W_1 = (G + G_0) \cdot \cos\beta \cdot \omega', \text{ кг,} \quad (1)$$

где ω' - коэффициент основного сопротивления движению;
 β – угол наклона пути, град.

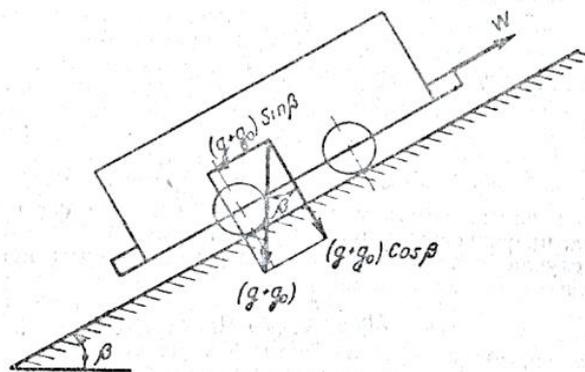


Рис. 1.

б) Дополнительного сопротивления от составляющего веса на наклонных путях (см.рис.1)

$$W_2 = \pm(G + G_0) \cdot \sin\beta, \text{ кГ} \quad (2)$$

в) Дополнительное сопротивление при движении с ускорением (замедлением) j

$$W_3 = \pm k \frac{G+G_0}{g} \cdot j, \text{ кГ} \quad (2a)$$

где k – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся колес. Для груженых вагонеток $k=1,03 \div 1,05$; для порожних вагонеток $k=1,07 \div 1,10$; в среднем $k=1,05 \div 1,08$.

г) Дополнительное сопротивление при движении по закруглениям пути радиуса R .

Таблица 1

Значения для коэффициента основного сопротивления движению вагонеток на подшипниках качения - ω'

| Тоннаж вагонетки | Движение отдельных вагонеток | Движение составов |
|------------------|------------------------------|-------------------|
| 1 т | порожняя | 0,0095 |
| | груженная | 0,0075 |
| | в среднем | 0,008 |
| 2 т | порожняя | 0,0085 |
| | груженная | 0,0065 |
| | в среднем | 0,007 |
| 3 т | порожняя | 0,0075 |
| | груженная | 0,0055 |
| | в среднем | 0,0065 |
| 5 т | порожняя | 0,007 |
| | груженная | 0,006 |
| | в среднем | 0,0065 |

Примечание. 1. При трогании с места пусковое сопротивление на 30-50% больше ходового.

2. На загрязненных путях ω' принимается на 50% больше, чем указано в таблице.

При повышенном наружном (или внутреннем) рельсе

$$W_4 = (G + G_0) \cdot \frac{0,035}{\sqrt{R}}, \text{ кГ}, \quad (26)$$

Без повышения наружного (или внутреннего) рельса

$$W_4' = (G + G_0) \cdot (0,5\omega' + 1,5 \frac{0,035}{\sqrt{R}}), \text{ кГ}, \quad (2в)$$

В общем случае полное сопротивление движению вагонетки (или сила тяги)

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4, \text{ кГ} \quad (3)$$

При движении с постоянной скоростью по прямому пути полное сопротивление движению

$$\begin{aligned} W &= W_1 + W_2 = (G + G_0) \cdot \cos\beta \cdot \omega' \pm (G + G_0) \cdot \sin\beta = \\ &= (G + G_0) \cdot (\omega' \cos\beta \pm \sin\beta), \text{ кГ} \end{aligned} \quad (3а)$$

При движении с постоянной скоростью по прямому пути состава из z вагонеток полное сопротивление движению

$$W = z(G + G_0) \cdot (\omega' \cos\beta \pm \sin\beta), \text{ кГ} \quad (3б)$$

Если выработка горизонтальная, т.е. уклон путей незначителен, то

$$\begin{aligned} \sin\beta &\approx \text{tg}\beta = i - \text{уклон пути}; \\ \cos\beta &\approx 1. \end{aligned}$$

В этом случае при движении с постоянной скоростью

$$W = z(G + G_0) \cdot (\omega' \pm i), \text{ кГ} \quad (3г)$$

Примеры расчетов по определению силы сопротивления железнодорожного транспорта

Пример 1

Определить основное сопротивление движению трехтонной вагонетки с грузом и порожняком по горизонтальным путям.
 $G=3000 \text{ кГ}, G_0=1550 \text{ кГ}$

Решение

По формуле (1)

$$W_1 = (G + G_0) \cdot \cos\beta \cdot \omega', \text{ кГ},$$

Из табл.1 находим $\omega'_{пор} = 0,0075$, $\omega'_{гр} = 0,0055$.

а) для порожней вагонетки

$$W'_1 = G_0 \cdot \omega'_{пор} = 1500 \cdot 0,0075 = 11,6 \approx 12 \text{ кг}$$

а) для грузной вагонетки

$$W_1 = (G + G_0) \cdot \omega'_{гр} = (3000 + 1550) \cdot 0,0055 = 25 \text{ кг}$$

Ответ: Для порожней вагонетки $W'_1 = 12 \text{ кг}$.

Для грузной вагонетки $W_1 = 25 \text{ кг}$

Пример 2

Определить сопротивление движению двухтонной грузной вагонетки по закруглению горизонтального пути радиуса $R = 9 \text{ м}$ постоянной скоростью.

Внешний рельс имеет возвышение $G = 2000 \text{ кг}$, $G_0 = 1100 \text{ кг}$

Решение

Сопротивление движению вагонетки по закруглению пути складывается из основного и дополнительного, т.е.

$$W = (G + G_0) \cdot \omega'_{гр} + (G + G_0) \cdot \frac{0,035}{\sqrt{R}} = (G + G_0) \cdot \left(\omega'_{гр} + \frac{0,035}{\sqrt{R}} \right) =$$
$$= (2000 + 1100) \cdot \left(0,0065 + \frac{0,035}{\sqrt{9}} \right) = 56 \text{ кг}$$

$\omega'_{гр} = 0,0065$ (табл.1)

Ответ: $W = 56 \text{ кг}$

Задачи для самостоятельных работ

Задача 1

Определить основное сопротивление движению состава из трех грузных однетонных вагонеток ($G = 1000 \text{ кг}$) с постоянной скоростью по горизонтальным прямолинейным путям.

Коэффициент тары $\frac{G_0}{G} = 0,6$.

Ответ: $W = 33,6 \text{ кг}$

Задача 2

Чему равно сопротивление движению при трогании с места по горизонтальному прямолинейному пути двухтонной ($G = 2000 \text{ кг}$) грузной вагонетки, если ускорение трогания $j = 0,05 \text{ м/сек}^2$ и вес вагонетки $G_0 = 1075 \text{ кг}$

Ответ: $W = 40,9 \text{ кг}$

Задача 3

Определить сопротивление движению на подъем под углом $\beta = 20^\circ$ состава из четырех ($z=4$) трехтонных вагонеток; вес вагонетки без груза $G_0=1240$ кг.

Ответ: $W=5900$ кг

Задача 4

Решить предыдущую задачу, если замедление состава $j=0,2$ м/сек².

Ответ: $W=5540$ кг

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА СОСТАВА И СИЛЫ ТЯГИ ЭЛЕКТРОВОЗА

Цель работы: изучение метода определения веса состава и силы тяги электровоза, применяемого на горных предприятиях.

Краткие теоретические сведения

Вес состава при электровозной откатке выбирается в зависимости от сцепного веса электровоза из условия отсутствия скольжения (буксования) колес электровоза по рельсам.

Полученный вес состава затем проверяется:

1) на возможность торможения поезда на определенной длине участка пути;

2) на отсутствие нагрева двигателей сверх определенной температуры.

Условие отсутствия скольжения колес электровоза по рельсам может быть отображено следующим образом:

$$F \leq P\varphi, \text{ кг.}$$

где F - сила тяги, необходимая для перемещения поезда, т. е. сумма всех сопротивлений перемещению, кг;

P - сцепной вес электровоза (для рудничных электровозов, обычно равный весу электровоза), т или кг;

φ - коэффициент сцепления.

При расчетах обычно принимают:

$\varphi = 0,15$ для мокрых рельсов;
 $\varphi = 0,20$ для сухих рельсов;
 $\varphi = 0,25$ при подсыпке песка.

Сила тяги F , создаваемая двигателями электровоза, идет на преодоление статических $W_{ст}$ и динамических $W_{дин}$ сопротивлений

$$F = W_{ст} \pm W_{дин}, \text{ кГ} \quad (1)$$

Так

$$W_{ст} = [P + z(G + G_0)] \cdot (\omega' \pm i), \text{ кГ} \quad (2)$$

$$W_{дин} = \pm m j \cdot k = \pm \frac{P+z \cdot (G+G_0)}{g} j k = \pm \frac{P+z \cdot (G+G_0)}{g} j \times 1.08 \quad (3)$$

$$= \pm 0.11 j \cdot [P + z(G + G_0)], \text{ кГ}$$

здесь P - вес электровоза (равный в подземных условиях сцепному электровозу), кГ; z - число вагонеток в составе;

G - вес груза в вагонетке, кГ;

G_0 - собственный вес вагонетки, кГ;

ω' - коэффициент сопротивления движению состава вагонеток (для простоты коэффициент сопротивления движению электровоза принят равным коэффициенту сопротивления движению вагонетки); i - уклон пути:

m - масса поезда, $\frac{\text{кгсек}^2}{\text{м}}$:

j - ускорение движения поезда, м/сек^2 ;

k - 1,075- 4-1,08 — коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс.

$$0,11 = \frac{k}{g} = \frac{1.08}{9.81}$$

$$F = [P + z(G + G_0)] \cdot (\omega' + i) \pm 0.11 j \cdot [P + z(G + G_0)] = [P + z \cdot (G + G_0)](\omega' \pm i \pm 0.11 \cdot j), \text{ кГ} \quad (4)$$

Заменив в выражении F ее значением, получим

$$[P + z \cdot (G + G_0)](\omega' \pm i \pm 0.11 \cdot j) \leq P \varphi.$$

Из выражения (4) можно определить либо вес состава $z \cdot (G + G_0)$, либо вес вагонеток в составе z , либо по необходимому весу состава $z \cdot (G + G_0)$ подобрать вес электровоза P .

Вес состава в зависимости от сцепного веса электровоза

выбирается для самого тяжелого случая движения. Наиболее тяжелым будет случай трогания электровоза с груженым составом на преобладающий уклон. В этом случае.

$$z = (G + G_0) \leq \frac{P(\varphi - \omega'_{\text{тр.гр}} - i - 0.11 \cdot j_0)}{\omega'_{\text{тр.гр}} + i + 0.11 \cdot j_0}, \text{ кг} \quad (5)$$

где $\omega'_{\text{тр.гр}} = (1,3 \div 1,5)\omega'_{\text{гр}}$ – коэффициент сопротивления при трогании груженого состава;

j_0 – минимальное пусковое ускорение $= 0,05 \text{ м/сек}^2$.

Обычно принимают $\varphi = 0,25$ (коэффициент сцепления колес электровоза с рельсами при пуске с подсыпкой).

Примеры расчетов по определению силы тяги электровозов

Пример 1

Определить потребную силу тяги для движения поезда, составленного из четырнадцатитонного электровоза и 20 трехтонных вагонеток с грузом ($P=14\text{т}$, $z=20$, $G = 3000\text{кг}$, $G_0=1550\text{ кг}$) с постоянной скоростью под уклон ($i=0,003$).

Решение

Для заданных условий, т.е. для движения с грузом под уклон с постоянной скоростью по прямому пути, выражение принимает вид

$$F = [P + z(G + G_0)] \cdot (\omega' - i), \text{ кг}$$

Для однотонных вагонеток средний коэффициент сопротивления перемещению состава $\omega' = 0.008$.

Подставляя имеющиеся данные в выражение, получим искомую силу тяги

$$F = [P + z(G + G_0)](\omega' - i) = [14000 + 20(3000 + 1550)] \times (0.008 - 0.003) = 525, \text{ кг}$$

Ответ: $F = 525 \text{ кг}$.

Пример 2

Определить потребную силу тяги электровоза ($P = 14\text{т}$) при трогании с места груженого состава ($z = 20$, $G = 3000 \text{ кг}$, $G_0 = 1550\text{кг}$). Уклон пути $i = 0.003$.

Решение

а) При движении на подъем пусковая сила тяги определяется по формуле

$$F_{\text{тр}\uparrow} = [P + z \cdot (G + G_0)] \cdot (\omega'_{\text{тр}} + i + 0.11 \cdot j_0), \text{ кг}$$

При $\omega'_{\text{тр}} = 1.3 \cdot \omega' = 1.3 \times 0.008 = 0.0104 \approx 0.011$

$$j_0 = 0.04 \text{ м/сек}^2$$

$$F_{\text{тр}\uparrow} = [14000 + 20(3000 + 1550)] \times (0,011 + 0,003 + 0,11 \times 0,04) = 1932 \text{ кг.}$$

б) При движении под уклон

$$F_{\text{тр}\downarrow} = [P + z \cdot (G + G_0)] \cdot (\omega'_{\text{тр}} - i + 0.11 \cdot j_0) = [14000 + 20 \times (3000 + 1550)] \times (0.011 - 0.003 + 0.11 \times 0.04) = 1302 \text{ кг.}$$

Ответ: $F_{\text{тр}\uparrow} = 1932 \text{ кг}$, $F_{\text{тр}\downarrow} = 1302 \text{ кг}$

Задачи для самостоятельных работ

Задача 1

Определить потребную силу тяги для движения поезда, составленного из десятитонного электровоза и 15 двухтонных порожних вагонеток ($P = 10 \text{ т}$, $z = 15$, $G = 1100 \text{ кг}$) с постоянной скоростью на подъем ($i = 0,004$).

Принять $\omega'_{\text{пор}} = \omega' = 0.009$.

Ответ: $F_{\text{пор}\uparrow} = 339 \text{ кг}$

Задача 2

Определить необходимую силу тяги для трогания поезда ($P = 10 \text{ т}$, $z = 15$, $G_0 = 1100 \text{ кг}$, $G = 2000 \text{ кг}$ (на уклон, $i = 0,005$),

Принять $j_0 = 0,05 \text{ м/сек}^2$, $\omega'_{\text{тр}} = 1,5 \omega' = 1,5 \times 0,009$.

Ответ: $F_{\text{тр.гр}} = 1355 \text{ кг}$.

Задача 3

Определить максимально возможную силу тяги семитонного электровоза КЭ-2.

Ответ: $F_{\text{макс}} = 1750 \text{ кг}$.

Задача 4

Выбрать вес груженого состава для электровозной откатки, если $P = 10 \text{ т}$, $F_{\text{дл}} = 370 \text{ кг}$, $v_{\text{дл}} = 4,4 \text{ м/сек}$, $L = 3000 \text{ м}$, $j_u = 15_{\text{мин}}$, $\omega' = 0,008$. Поезд с груженым составом движется под уклон ($i = 0,005$).

Определить вес порожнего состава по условиям нагрева двигателей. Принять $\omega'_{\text{тр}} = 1.3\omega'$; $j_0 = 0.05 \text{ м/сек}^2$.

Ответ: а) По условиям сцепления $z(G + G_0) \leq 109.5 \text{ т}$.

По нагреву двигателей $z(G + G_0) \leq 121 \text{ т}$.

По условиям безопасного торможения $z(G + G_0) \leq 109.5m$.
Выбираем вес груженого состава по условию безопасного торможения, т.е:

$$z \cdot (G + G_0) \leq 74.7m.$$

б) Вес порожнего состава по условиям нагрева двигателей

$$z \cdot G_0 \leq 109.5m.$$

Задача 5

Определить уклон равного сопротивления рельсовых путей при электровозной откатке, если $P = 10 \text{ м}$, $G = 2000 \text{ кг}$, $G_0 = 1100 \text{ кг}$, $z = 15$ вагонеткам, $\omega' = 0,009$.

Ответ: $i = 0,00325$.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

ПРОВЕРКА СОСТАВА ПО ДЛИНЕ ТОРМОЗНОГО ПУТИ

Цель работы: изучение метода проверки состава по длине тормозного пути и определение тормозного пути железнодорожного состава горных предприятий.

Краткие теоретические сведения

Как уже отмечалось, согласно ПТЭ тормозной путь не должен превышать 40 м.

Определение тормозного пути поезда производим для наиболее тяжелого случая- при движении груженого поезда с установившейся скоростью $v_{уст}$, под уклон (преобладающий).

Для этого случая уравнение движения поезда напишем следующим образом

$$\frac{[P+z(G+G_0)] \cdot k v_{уст}^2}{g} = \{[P + z(G + G_0)] \cdot (\omega' - i) + B\} \cdot l_T, \quad (1)$$

где тормозная сила поезда

$$B = [P + z \cdot (G + G_0)] \cdot f_T, \quad (2)$$

f_T - коэффициент торможения;

$v_{уст}$ - установившаяся скорость определяется по характеристике двигателя в зависимости от силы тяги в этот период, м/сек.

После подстановки в уравнение движения значения V согласно u упрощения получим

$$l_T = \frac{0.11 \cdot v_{уст}^2}{2 \cdot (\omega' - i + f_T)} \cdot M \quad (3)$$

Коэффициент торможения определяется по формуле

$$f_T = \varphi \cdot k \cdot \mu = (0.2 - 0.0054 \cdot v_{уст}) k \frac{P + z_T \cdot (G + G_0)}{P + z \cdot (G + G_0)}, \quad (4)$$

где φ - коэффициент трения между бандажем колес и тормозными колодками;

$\varphi = 0.2 - 0.0054 v_{уст}$; $v_{уст}$ - принимается здесь в $м/сек$.
 k - коэффициент нажатия.

Для предотвращения движения „юзом“ при заклиненных колесах необходимо, чтобы

$$k < \frac{\psi}{\varphi}$$

Так как нормально при сухих рельсах $\psi = 0.2$ $\varphi = 0.18 \div 0.19$, то

$$k < \frac{0.20}{0.19} = 1.05.$$

а при мокрых рельсах еще меньше.

Нормально $k = 0,75 \div 0,9$,

μ - коэффициент тормозных масс есть отношение массы ваго-
 неток, имеющих тормоза, ко всей массе поезда, т. е.

$$\mu = \frac{P + z_T (G + G_0)}{P + z \cdot (G + G_0)}$$

z_T - число тормозных вагоночек в поезде, обычно $z_T = 0$.

Если по формуле (3) тормозной путь получится больше $40 м$, то, как отмечалось, необходимо либо уменьшить вес состава, либо принять последовательное соединение двигателей и скорость движения уменьшится примерно в два раза (скорость определяется по характеристике двигателей), либо включить в поезд тормозные вагоночки.

Примеры расчетов по определению тормозной силы поездов

Пример 1

Определить коэффициент торможения и тормозную силу при экстренном торможении поезда при движении под уклон, если $P = 7 \text{ т}$, $z(G + G_0) = 43 \text{ т}$, $z_T = 0$, $v_{уст} = 4 \text{ м/сек}$.

Решение

Коэффициент торможения

$$f_T = \varphi \cdot k \cdot \mu = 0.1784 \times 0.8 \times 0.14 = 0.02,$$

где φ - коэффициент трения между бандажами колес электровоза и тормозными колодками

$$\varphi = 0,2 - 0,0054 v_{уст} = 0,2 - 0,0054 \times 4 = 0,1784;$$

k - коэффициент нажатия. При сухих рельсах

$$k = 0.80 < \frac{\psi}{\varphi} = \frac{0.20}{0.1784} = 1.12;$$

μ - коэффициент тормозных масс

$$\mu = \frac{P+z_T(G+G_0)}{P+z \cdot (G+G_0)} = \frac{7+0}{7+43} = 0.14 .$$

Тормозная сила

$$B = [P + z(G + G_0)] \cdot f_T = 7 + 43 \times 0,02 = 1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}.$$

Ответ: $f_T = 0,02$, $B = 1000 \text{ кг}$.

Пример 2

Определить тормозной путь при экстренном торможении груженого поезда под уклон ($i = 0,004$), если скорость перед торможением была: $v_{уст} = 4 \text{ м/сек}$.

Принять $\omega' = 0,009$, $f_T = 0,02$.

Решение

По формуле (3) тормозной путь

$$l_T = \frac{0.11 \cdot v_{уст}^2}{2(\omega' - i + f_T)} = \frac{0.11 \times 4^2}{2 \times (0.009 - 0.004 + 0.02)} = 32.25 \text{ м}$$

Ответ: $l_T = 35,25 \text{ м}$

Задачи для самостоятельных работ

Задача 1

Определить тормозной путь поезда весом $P + z \cdot (G + G_0) = 10\,000 + 50\,000 = 60\,000 \text{ кг}$, при экстренном торможении. Поезд движется под уклон $i = 0,003$ со скоростью $v = 16,1 \text{ км/час}$, $z_1 = 0$, $\omega' = 0,009$.

Ответ: При $k = 0,75$, $l_T = 39,3$ м.

Задача 2

Определить тормозной путь при экстренном торможении поезда весом $P + z \cdot (G + G_0) = 7000 + 43000 = 50000$ кг, движущегося под уклон $i = 0,004$ со скоростью $v = 4$ м/сек, если $z_T = 0$, $\omega' = 0,01$, коэффициент нажатия $k = 0,8$.

Ответ: $l_T = 33,9$ м.

Задача 3

Определить величину коэффициента нажатия, при котором тормозной путь поезда весом $P + z \cdot (G + G_0) = 10000 + 60000 = 70000$ кг будет составлять 38 м. Принять $v = 16,2$ км/час, $i = 0,004$, $\omega' = 0,009$.

Ответ: $k = 0,968$.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РЕЙСА ПОЕЗДА

Цель работы: изучение расчета продолжительности рейса железнодорожного состава горных предприятий.

Краткие теоретические сведения

Продолжительность рейса T_p складывается из продолжительности движения $T_{дв}$ и продолжительности маневров t_M и стоянок (пауз) $t_{п}$

$$T_p = T_{дв} + t_M + t_{п}, \text{ сек} \quad (1)$$

t_M — продолжительность маневров, зависит от схемы путей в конечных пунктах, организации движения и т. д., сек.

Продолжительность движения есть сумма времени движения с грузом $T_{гр}$ и порожняком $T_{пор}$

$$T_{дв} = T_{гр} + T_{пор}, \text{ сек.} \quad (2)$$

Время движения поезда в одну сторону T складывается из времени пускового периода t_1 с ускорением j_1 , времени, установившегося движения t_2 и времени периода остановки t_3 , т.е.

$$T = t_1 + t_2 + t_3, \text{ сек.} \quad (3)$$

Времени t_1, t_2, t_3 соответствуют участки с расстояниями l_1, l_2, l_3 .

При определении t и l с достаточной для практических расчетов точностью принимают трапецеидальную диаграмму скорости (рис.1).

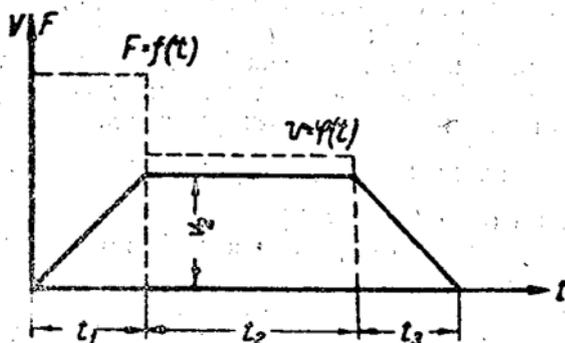


Рис.1

В этом случае считают, что:

- а) разгон поезда происходит с постоянным ускорением j_1 ;
- б) в период установившегося движения скорость v_2 постоянна и определяется по характеристике двигателей;
- в) в период остановки двигатели от сети отключаются и для уменьшения выбега поезд притормаживается. Тормозное ускорение при этом принимается величиной постоянной.

Определение j_1, v_2, t_1, l_1 .

Ускорение движения может быть получено из выражения

$$F_{\text{пуск дв}} - F_{\text{тр}} = m j_1 k, \text{ кг},$$

где $F_{\text{пуск дв}}$ - сила тяги, развиваемая двигателем при пуске, кг.

Обычно для подземных электровозов принимают, что $F_{\text{пуск дв}} = F_{\text{час}}$ кг;

$F_{\text{час}}$ — сила тяги двигателей электровоза при часовом режиме берется из характеристики электровоза, кг.

$F_{\text{тр}}$ — потребная сила тяги для преодоления статических сопротивлений при трогании с места, кг.

При трогании поезда на прямых участках

$$F_{\text{тр}} = [P + z(G + G_0)] \cdot (\omega'_{\text{тр}} \pm i) \text{ кг},$$

Если рельсовые пути имеют участки с различными уклонами, то принимается средний уклон по выработке

$$i_{\text{ср}} = \frac{i_1 \cdot l_1 + i_2 \cdot l_2 + \dots + i_n \cdot l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}$$

$$mk = \frac{[P + z(G + G_0)] \cdot 1.08}{9.81} = [P + z(G + G_0)] \cdot 0.11$$

После преобразования получаем

$$F_{\text{час}} - F_{\text{тр}} = [P + z(G + G_0)] \cdot j_1, \quad \text{кг},$$

откуда

$$j_1 = \frac{F_{\text{час}} - F_{\text{тр}}}{0,11 \cdot [P + z(G + G_0)]} \text{ м/сек}^3.$$

При трогании поезда с порожним составом $G = 0$. Продолжительность периода пуска определяется по формуле

$$t_1 \frac{\vartheta_2}{j_1}, \text{сек.},$$

где скорость установившегося движения ϑ_2 определяется по характеристике двигателей в зависимости от сопротивления движению поезда в этот период F_2 .

При прямых выработках F_2 может быть определена по формулам (1) и (2). Если же выработка имеет криволинейные участки, то входящий в формулы (2) и (3) коэффициент сопротивления должен учитывать дополнительное сопротивление на криволинейных участках.

При двух двигателях на электровозе ϑ_2 определяется по $\frac{F_2}{2}$ (т.е. по силе тяги, приходящейся на один двигатель).

Длина участка может быть определена либо по формуле

$$l_T = \frac{\vartheta_2}{2} \cdot t_1, \text{ м.}$$

Либо по формуле

$$l_1 = \frac{\vartheta_2^2}{2j_1}, \text{ м.}$$

Определение l_3, t_3, j_3 .

Путь, проходимый поездом при свободном выбеге

$$l_{\text{св.в}} = \frac{0.11\vartheta_2^2}{2 \times (\omega' \pm i)}, \text{ м}$$

В период остановки обычно машинист притормаживает поезд, так что

$$l_3 = (0.6 - 0.7)l_{\text{св.в}} = (0.6 - 0.7) \frac{0.11 \cdot \vartheta_2^2}{2 \times (\omega' \pm i)}, \text{ м.}$$

Продолжительность остановки

$$t_3 = \frac{2 \cdot l_3}{\vartheta_2}, \text{ сек.}$$

Замедление в период остановки

$$j_3 = \frac{\vartheta_2}{t_3}, \text{ м/сек}^2 \text{ . или } j_3 = \frac{\vartheta_2^2}{2 \cdot l_3}, \text{ м/сек}^2$$

Определение l_2, t_2

Длина пути при установившемся движении

$$l_2 = L - (l_1 + l_3), \text{ м.}$$

Продолжительность периода установившегося движения

$$t_2 = \frac{l_2}{\vartheta_2}, \text{ сек}$$

При наличии на пути l_2 криволинейных участков, стрелок, пересечение t_2 увеличивается. В этом случае можно считать, что поезд движется $0,75 l_2$ со скоростью $\vartheta_{2\text{пар}}$ (при параллельном соединении двигателей) и $0,25 \cdot l_2$ со скоростью $\vartheta_{2\text{посл}}$ (при последовательном соединении двигателей), тогда

$$t_2 = \frac{0.75 \cdot l_2}{\vartheta_{2\text{пар}}} + \frac{0.25 \cdot l_2}{\vartheta_{2\text{посл}}} = l_2 \cdot \left(\frac{0.75}{\vartheta_{2\text{пар}}} + \frac{0.25}{\vartheta_{2\text{посл}}} \right), \text{ сек.}$$

Таким образом, продолжительность движения в одну сторону

$$T = t_1 + t_2 + t_3, \text{ сек}$$

5. При длине откатки более 1000 м продолжительность движения можно определять более упрощенным способом.

Так, при движении с грузом продолжительность движения

$$T_{\text{гр}} = \frac{L}{\vartheta_{\text{гр}}}, \text{ сек.}$$

при движении порожняком

$$T_{\text{пор}} = \frac{L}{\vartheta_{\text{пор}}}, \text{ сек}$$

где $\vartheta_{\text{гр}}$ и $\vartheta_{\text{пор}}$ — скорость при установившемся движении соответственно в грузовом и порожнем направлениях

Примеры расчетов продолжительности рейсов железнодорожного состава

Пример 1

Определить ускорение движения груженого поезда в период пуска под уклон γ 0,003. Электровоз типа П-ТР с двигателями ДК-801 А. Вес состава $z \cdot (G + G_0) = 40\,000 \text{ кг}$, $\omega'_{\text{гр}} = 0,009$

Решение

Ускорение в период пуска j_1 определяется по формуле

$$j_1 = \frac{F_{\text{час}} - F_{\text{тр}}}{0.11 \cdot [P + z \cdot (G + G_0)]}, \text{ м/сек}^2,$$

где $F_{\text{час}}$ — часовая сила тяги электровоза П-ТР, согласно технической характеристике составляет 1460 кз;

$F_{\text{тр}}$ — потребная сила тяги для преодоления статических сопротивлений при трогании определяется по формуле

$$F_{\text{тр}} = [P + z \cdot (G + G_0)](\omega'_{\text{тр}} - i) = [7000 + 40000] \times (0.0135 - 0.003) = 493 \text{ кз}$$

$$\omega'_{\text{тр}} = 1.5 \omega'_{\text{тр}} = 1.5 \times 0.009 = 0.0135;$$

$P = 7000 \text{ кз}$ — вес электровоза типа П-ТР.

Зная $F_{\text{час}}$ и $F_{\text{тр}}$, определяем

$$j_1 = \frac{1460 - 493}{0.11 \times (7000 + 40000)} = 0.187 \text{ м/сек}^2,$$

Ответ $j_1 = 0.187 \text{ м/сек}^2$

Пример 1

Определить продолжительность движения конденсаторного электровоза КЭ-2 от околоствольного двора до погрузочного пункта и обратно, если $L = 1500 \text{ м}$.

Решение

Как известно, КЭ-2 имеет две скорости:

$$v_1 = 4.7 \text{ км/час} = 1.3 \text{ м/сек.}$$

$$v_2 = 10.3 \text{ км/час} = 2.8 \text{ м/сек.}$$

Поэтому при движении на первой скорости продолжительность движения

$$t_1 = \frac{2L}{v_1} = \frac{2 \times 1500}{1.3} = 2310 \text{ сек} = 38,5 \text{ мин}$$

При движении на второй скорости

$$t_1 = \frac{2L}{v_1} = \frac{2 \times 1500}{2.8} = 1072 = 18 \text{ мин}$$

Ответ: При движении на первой скорости $t_1 = 38,5 \text{ мин}$. При движении на второй скорости $t_2 = 18 \text{ мин}$.

Задачи для самостоятельных работ

Задача 1

Определить ускорение груженого поезда в период пуска под уклон $i = 0.003$. Электровоз типа П-АР ($P = 8 \text{ т}$, двигатели ДК — 800А при $u = 120 \text{ в}$). Вес поезда $P + z(G + G_0) = 8000 + 15 \times (2000 + 1100) = 54500 \text{ кз}$, $\omega'_{\text{пор}} = 0,008$.

Ответ: $j_1 = 0.0983 \text{ м/сек}^2$.

Задача 2

Определить продолжительность периода пуска порожнего поезда на подъем $i = 0.003$. Электровоз типа П-АР ($P = 8 \text{ т}$, двигатели ДК – 800А при $u = 120\text{В}$). Вес поезда $P + z(G + G_0) = 8000 + 15 \times (2000 + 1100) = 54500\text{кг}$, $\omega'_{\text{пор}} = 0,01$.

Ответ: $t'_1 = 11.1 \text{ сек}$.

Задача 3

Определить путь, проходимый порожним поездом под уклон $i = 0.003$ при свободном выбеге.

Электровоз типа П-АР ($P = 8 \text{ т}$, двигатели ДК – 800А при $u = 120 \text{ В}$). Вес поезда $(P + z \cdot G_0) = (8000 + 15 \times 1100) = 24500 \text{ кг}$, $\omega'_{\text{пор}} = 0,01$.

Ответ: $l_{\text{св.в}} = 29,5 \text{ м}$.

Задача 4

Определить продолжительность движения груженого поезда под уклон и порожнего поезда на подъем. Электровоз типа Ю-10, число двухтонных вагонеток в составе $z = 20$, длина откатки $L = 2500 \text{ м}$. уклон пути $i = 0.004$, $\omega'_{\text{гр}} = 0.008$; $\omega'_{\text{пор}} = 0.001$.

Ответ: $T_{\text{гр}} = 517 \text{ сек}$., $T_{\text{пор}} = 612,6 \text{ сек}$.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

ПРОВЕРКА ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА НАГРЕВ

Цель работы: изучение метода проверки тяговых двигателей локомотивов на нагрев, используемых на горных предприятиях.

Краткие теоретические сведения

Нагрев двигателей в пределах допустимого будет в том случае, если соблюдается условие:

$$I_{\text{эф}} \leq I_{\text{дл}}, \text{ А}, \quad (1)$$

т. е. для нормальной работы необходимо, чтобы среднеквадратичное значение тока, потребляемого в течение смены электровозом, было менее длительное для двигателей, установленных на электровозе,

$I_{дл}$ -определяется по характеристике двигателей электровоза;

$I_{эф}$ - определяется по формуле.

$$I_{эф} = \alpha \sqrt{\frac{I_1^2 \cdot t_1 + I_2^2 \cdot t_2 + (I'_1)2 \cdot t'_1 + (I'_2)2 \cdot t_2}{T_{дв} + t_m + t_{п}}}, \text{ А} \quad (2)$$

где α — коэффициент, учитывающий работу двигателей электровоза во время маневров: при $L < 1 \text{ км}$ $\alpha = 1,4$, при $L = 1 - 2 \text{ км}$ $\alpha = 1,25$, при $L > 2 \text{ км}$ $\alpha = 1,15$;

I_1 — ток, потребляемый двигателями в период пуска груженого поезда, А;

I_2 — ток, потребляемый двигателями в период установившегося движения груженого поезда, А;

I'_1 — ток, потребляемый двигателем в период пуска груженого поезда, А;

I'_2 ток, потребляемый двигателями в период установившегося движения порожнего поезда, А.

При длине откатки более 1000 м среднее квадратичное значение тока можно определять упрощенным способом по формуле

$$I_{эф} = \alpha \sqrt{\frac{I_{гр}^2 \cdot T_{гр} + I_{пор}^2 \cdot T_{пор}}{T_{дв} + t_m + t_{п}}}, \text{ А} \quad (3)$$

Примеры расчетов проверки тяговых двигателей локомотивов на нагрев

Пример 1

Проверить тяговые двигатели электровоза П-ТР ($P = 7 \text{ м}$, двигатели ДК-801А) на нагрев. Состав состоит из $z = 25$ одно-тонных вагонеток, длина откатки $L = 3000 \text{ м}$, уклон пути $i = 0,003$, $(t_m + t_{п}) = 20 \text{ мм}$.

Решение

Чтобы проверить тяговые двигатели на нагрев, необходимо определить среднеквадратичный ток, потребляемый двигателями в течение смены. В нашем случае $I_{эф}$ определяется по формуле, так как длина откатки более 1000 м.

$$I_{эф} = \alpha \sqrt{\frac{I_{гр}^2 \cdot T_{гр} + I_{пор}^2 \cdot T_{пор}}{T_{дв} + t_m + t_{п}}}, \text{ А}$$

1. Определение $I_{гр}$ и $T_{гр}$

Сила тока определяется по характеристике тяговых двигателей ДК-801А в зависимости от потребной силы тяги.

$$F_{гр} = [P + z \cdot (G + G_0)](\omega'_{гр} - i) = [7000 + 25 \times (1000 + 600)] \times (0.009 - 0.003) = 282 \text{ кГ}$$

где $\omega'_{гр} = 0.009$;

$$\text{На один двигатель приходится } F_{дв} = \frac{F_{гр}}{2} = \frac{282}{2} = 141 \text{ кГ}$$

По характеристике двигателей ДК-801А силе тяги $F_{дв} = 141 \text{ кГ}$ соответствует $I_{гр} = 28.5 \text{ а}$ и $v_{гр} = 17.4 \text{ км/час} = \frac{17.4}{3.6} = 4.83 \text{ м/сек}$

Зная $v_{гр}$, определяем по формуле $T_{гр}$.

$$T_{гр} = \frac{L}{v_{гр}} = \frac{3000}{4.83} = 622 \text{ сек.}$$

2. Определение $I_{пор}$ и $T_{пор}$.

$$F_{пор} = [P + z \cdot (G + G_0)](\omega'_{гр} - i) = (7000 + 25 \times 600) \times (0.011 + 0.003) = 308 \text{ кГ}$$

$$\text{На один двигатель } F'_{дв} = \frac{F_{пор}}{2} = \frac{308}{2} = 154 \text{ кГ}$$

По характеристике тяговых двигателей определяем, что силе тяги $F'_{дв} = 154 \text{ кГ}$ соответствует $I_{пор} = 31 \text{ а}$ и $v_{пор} = 16,5 \text{ км/час} = 4,64 \text{ м/сек.}$

Зная $v_{пор}$ по формуле, определяем

$$T_{пор} = \frac{L}{v_{пор}} = \frac{3000}{4,64} = 647 \text{ сек.}$$

3. Определение $I_{эф}$

$$I_{эф} = 1,15 \sqrt{\frac{28,5^2 \times 622 + 31^2 \times 647}{622 + 642 + 20 \times 60}} = 24,7 \text{ А.}$$

Здесь $\alpha = 1,15$ - коэффициент, учитывающий работу двигателей в период маневров при $L = 3000 \text{ м.}$

4. По формуле (1) проверим нагрев двигателей.

Так как $24,7 \text{ А} = I_{эф} < I_{дл} = 34 \text{ А}$ (длительный ток двигателей ДК-801А), то нагрева двигателей сверх допустимого не будет.

Более того двигатели работают со значительной недогрузкой.

Ответ: Нагрева двигателей сверх допустимого не будет, $I_{эф} = 24,7 \text{ А.}$

Задачи для самостоятельных работ

Задача 1

Определить среднеквадратичный ток, потребляемый в течение смены электродвигателями ДК-801А электровоза типа Ю-10.

Состав из 20 двухтонных вагонеток. Длина откатки $L = 2500$ м. Уклон пути $i = 0,004$. Продолжительность маневров 15 мин.

Ответ: $I_{\text{эф}} = 29,5$ А.

Задача 2

Проверить двигатели ДК-801А электровоза типа П-ТР на нагрев. Состав из 12 двухтонных вагонеток. Длина откатки $L = 18000$ м. Уклон пути $i = 0,002$. Продолжительность маневров $t_m = 15$ мин., коэффициент сопротивления движению принят. $\vartheta'_{\text{гр}} = \vartheta'_{\text{пор}}$

Ответ: Нагрев двигателей сверх допустимого $I_{\text{эф}} = 1,25 \times 28,05 = 35$ А.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОВОЗА И КОЛИЧЕСТВА ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Цель работы: изучение метода расчета производительности электровоза и необходимого количества электровозов горных предприятий.

Краткие теоретические сведения

При продолжительности рейса T_p количество возможных рейсов электровоза в смену

$$n_p = \frac{T}{T_p}, \quad (1)$$

где T — продолжительность работы электровоза в смену/час. $T < T_{\text{см}}$ на 0,5 ÷ 1,5 часа (при откатке контактными электровозами $T = 7 \div 7,5$ час при $T_{\text{см}} = 8$ час. при откатке аккумуляторными электровозами $T = 6,5 \div 7$ час.) n — округляется до целого числа (в меньшую сторону).

Производительность электровоза в течение смены в тоннах вывезенного груза

$$A_{\text{эл}} = n_p z G, \text{ т/сена.} \quad (2)$$

Производительность электровоза в течение смены в тонно-

километрах при длине откатки

$$A'_{\text{эл}} = A_{\text{эл}} \cdot L = n_p \cdot z \cdot G \cdot L, \text{ ткм/смену.}$$

При производительности участка A т/смену требуемое количество электровозов на участке в работе

$$N = \frac{kA}{A_{\text{эл}}} = \frac{kA}{n_p \cdot z \cdot G}, \quad (3)$$

где k -коэффициент неравномерности поступления груза. Согласно ПТЭ на откаточных горизонтах $k = 1,25$.

N — округляется до целого числа (в большую сторону). Общее количество электровозов принимается больше чем N на количество резервных электровозов N_p и количество электровозов в ремонте $N_{\text{рем}}$, т. е.

$$N_0 = N + N_p + N_{\text{рем}}, \quad (4)$$

Примеры расчетов производительности электровоза и необходимого количества электровозов

Пример 1

Определить сменную производительность электровоза Ю-10, если $T_p = T_{\text{дв}} + (t_m + t_n) = 531 + 1200 \text{ сек}$ при $L = 1000 \text{ м}$, $i = 0,004$. Состав- 20 двухтонных вагонеток. Время работы электровоза в течение смены принять 7,5 час.

Решение

1. Число возможных рейсов электровоза в смену по формуле

$$n_p = \frac{T}{T_p} = \frac{7.5 \times 60 \times 60}{531 \times 1200} = 15.6 \approx 15,$$

2.а) Производительность электровоза (т/смену) по формуле $A_{\text{эл}} = n_p z G = 15 \times 20 \times 2 = 600 \text{ т/смену}$

б) Производительность электровоза (т.км/смену) по формуле $A'_{\text{эл}} = A_{\text{эл}} \cdot L = 600 \times 1 = 600 \text{ ткм/смену.}$

Ответ: $A_{\text{эл}} = 600 \text{ т/смена}$, $A'_{\text{эл}} = 600 \text{ ткм/смену.}$

Пример 2

Определить сменную производительность электровоза П-АР (двигатели ДК-800А при $U = 120 \text{ В}$, $P = 8 \text{ т}$).

$T_p = T_{\text{дв}} + (t_m + t_n) = 37,5 \text{ мин.} + 18 \text{ мин.} = 55,5 \text{ мин.}$,
при $L = 3 \text{ км}$, $i = 0,003$. Состав-15 двухтонных вагонеток.

Продолжительность работы электровоза в течение смены принять 6,5 час.

Решение

1. Число возможных рейсов электровоза в смену согласно формуле

$$n_p = \frac{T}{T_p} = \frac{6.5 \times 60}{55.5} = 7.03 = 7 \text{ рейсам.}$$

2. а) Производительность электровоза (*т/смену*) по формуле

$$A_{\text{эл}} = n_p \cdot z \cdot G = 7 \times 15 \times 2 = 210 \text{ т/смену}$$

б) Производительность электровоза (*ткм/смену*) по формуле.

$$A'_{\text{эл}} = A_{\text{эл}} \cdot L = 210 \times 3 = 630 \text{ ткм/смену}$$

Ответ: $A_{\text{эл}} = 210 \text{ т/смена}$, $A'_{\text{эл}} = 630 \text{ ткм/смену}$

Задачи для самостоятельных работ

Задача 1

Определить сменную производительность электровоза II-ТР. Продолжительность рейса

$$T_p = T_{\text{дв}} + (t_m + t_{\text{п}}) = 21 \text{ мин.} + 19 \text{ мин.} = 40 \text{ мин.},$$

$L = 3000 \text{ м}$, $i = 0,003$. Состав — 25 однотонных вагонеток.

Принять $T = 7 \text{ час}$.

Ответ: $A = 250 \text{ т/смену}$, $A' = 750 \text{ т.км/смену}$.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10.

РАСЧЕТ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Цель работы: изучение метода расчета сил сопротивления движению карьерных автосамосвалов.

Краткие теоретические сведения

Суммарное сопротивление движению автосамосвала W , Н, складывается из сопротивлений: основного W_0 , воздушной среды W_B , от уклона W_i инерции вращающихся масс W_j и на криволинейных участках W_R , т.е.

$$W = W_0 + W_B + W_i + W_j + W_R. \quad (1)$$

Суммарное сопротивление движению автосамосвала

рассчитывается на каждом участке трассы как в грузовом, так и порожняковом направлениях.

Силу основного сопротивления движению автосамосвала определяют по формуле

$$W_i = \omega_o \cdot M, \quad (2)$$

где ω_o - удельное основное сопротивление движению автосамосвала, Н/т;

M - полная масса автосамосвала, т. с грузом $M = (q + q_T)$, без груза $M = q_T$;

q - грузоподъемность, т; q_T - масса тары, т.

В зависимости от назначения дороги и типа дорожного покрытия рекомендуются следующие значения ω_o :

Постоянные откаточные дороги с покрытием:

бетонным, асфальтовым 150-200

щебеночным, гравийным 250-400

Забойные дороги:

на скальных породах 400-600

на рыхлых породах 600-1000

Отвалыные дороги:

на скальных породах 900-1200

на рыхлых породах 1200-2000

Приведенные значения ω_o относятся к груженным автосамосвалам, для порожних автомобилей эти значения необходимо увеличить на 20-25%.

Силу сопротивления воздушной среды W_B , Н, определяют по формуле

$$W_B = \lambda_i \cdot S_{ei} \cdot \frac{(\vartheta_a \pm \vartheta_a)}{3.6^2}, \quad (3)$$

где λ_i - коэффициент обтекаемости автосамосвала, $\lambda_i = 5,5 - 7,0$; S_{ei} - площадь лобовой поверхности автосамосвала, м²; ϑ_a - скорость движения автосамосвала при установившемся режиме, км/ч.

При движении на подъем или по горизонтальному участку

$$\vartheta_a = \frac{3600 \cdot N_{дв}}{(\omega_i + g \cdot i) I} \vartheta_a \quad (4)$$

при движении на спуск

$$v_a = 30 - 40 \text{ км/ч} \quad (5)$$

здесь $N_{\text{дв}}$ - мощность передвижного двигателя, кВт; i – величина уклона на данном участке, ‰; $\eta_{\text{ом}}$ – коэффициент отбора мощности, $\eta_{\text{ом}}=0,88-0,90$; $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии (для гидромеханической- $\eta_{\text{тр}}= 0,70-0,72$; для электромеханической - $\eta_{\text{тр}}=0,66-0,69$).

Если алгебраическая сумма $(v_a \pm v_a) \leq 35$ км/ч, сопротивлением воздушной среды в расчетах можно пренебречь.

Силу сопротивления от уклона автодороги определяют по формуле

$$W_i = g \cdot i \cdot M. \quad (6)$$

Силу сопротивления, вызываемого инерцией вращающихся масс, рассчитывают по формуле

$$W_j = 1000 \cdot I(1 + \gamma_e) \cdot a, \quad (7)$$

где γ_e - коэффициент инерции вращающихся масс автомобиля (при гидромеханической трансмиссии $\gamma_e= 0,01- 0,03$, при электромеханической $\gamma_e=0,1-0,15$); a - ускорение (замедление) автосамосвала, м/с²:

$$a = \frac{v_{ai}^2 - v_{a(i-l)}^2}{3.6 \cdot l_i} \quad (8)$$

$v_{ai}^2 - v_{a(i-l)}^2$ - скорость движения автосамосвала, соответственно, на последующем и предыдущем участках трассы, км/ч; l_i - длина i -го участка трассы, м.

Силу сопротивления на криволинейных участках автодороги с радиусом $R \leq 70$ м вычисляют по формуле

$$W_R = 300 \frac{200-R}{200} M. \quad (9)$$

при больших радиусах поворота

$$W_R = (0.05 - 0.08) W_i \quad (10)$$

Пример расчета. Определить силу сопротивлений автосамосвала БелАЗ-75132 (грузоподъемность – 130 т, вес тары-105 т), движущегося по трассе (рис.1), используя следующие исходные данные: 1-участок дороги – забойные на скальных породах, 2 – на скальных породах; 3 – с покрытием щебеночным, 4- с асфальтовым дорожным покрытием.

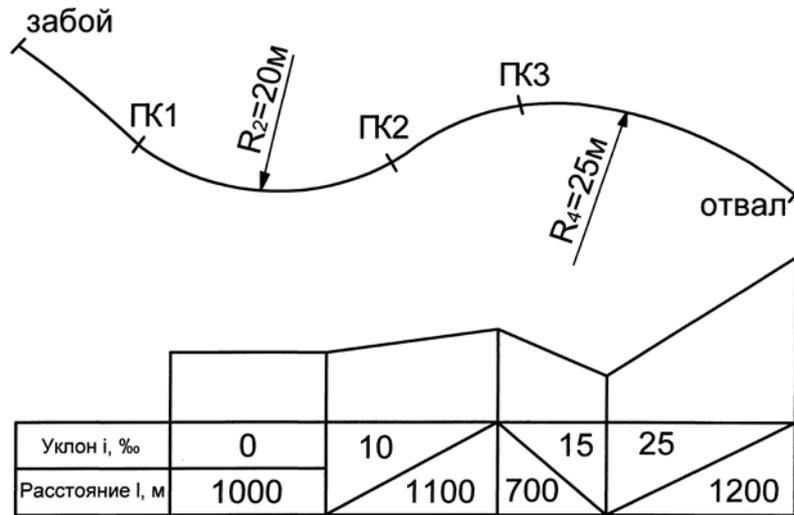


Рис. 1. План и продольный профиль расчетной трассы

1-участок дороги:

Суммарные силы сопротивления движению автосамосвала на 1-м участке в грузовом и порожняковом направлениях определяем по формуле

$$W_{гр1} = W_{о_{гр1}} + W_{в_{гр1}} + W_{i_{гр1}} + W_{i_{гр1}} + W_{R_{гр1}}$$

$$= 117,5 + 53 + 0 + 8 + 0 = 178,5 \text{ кН};$$

$$W_{пор1} = W_{о_{пор1}} + W_{в_{пор1}} + W_{i_{пор1}} + W_{i_{пор1}} + W_{R_{пор1}}$$

$$= 63 + 0 + 0 - 2 + 0 = 61 \text{ кН};$$

Силы основного сопротивления движению автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях

$$W_{о_{гр1}} = \omega_{о_{гр1}} \cdot M = 500(130 + 105) = 117500 \text{ Н} = 117,5 \text{ кН}$$

$$W_{о_{пор1}} = \omega_{о_{пор1}} \cdot M = 600 \cdot 105 = 63000 \text{ Н} = 63 \text{ кН}$$

Силы сопротивления воздушной среды

$$W_{в_{гр1}} = \lambda \cdot S \frac{(v_{а_{гр1}} + v_{в})^2}{3,6^2} = 5,5 \cdot 40 \frac{(20 + 36)^2}{3,6^2} = 53235 \text{ Н} = 53 \text{ кН};$$

$$\text{Здесь, } v_{а_{гр1}} = \frac{3600 \cdot N_{дв}}{(\omega + g \cdot i)M} \cdot \eta_{ом} \cdot \eta_{тр} = \frac{3600 \cdot 1103}{(500 + 9,81 \cdot 0)(130 + 105)} \cdot 0,9 \cdot$$

0,66 = 20 км/ч;

$$W_{в_{пор1}} = 0, \text{ т. к. } (v_{а_{пор1}} - v_{в}) = (37 - 36) < 35 \text{ км/ч};$$

$$v_{а_{пор1}} = \frac{3600 \cdot N_{дв}}{(\omega_{о_{гр1}} + g \cdot i)M} \cdot \eta_{ом} \cdot \eta_{тр} \frac{3600 \cdot 1103}{(600 + 9,81 \cdot 0) \cdot 105} \cdot 0,9 \cdot 0,66 =$$

37 км/ч;

Силу сопротивления от уклона автодороги

$$W_{i_{гр1}} = W_{i_{пор1}} = 0, \text{ т. к. } i_1 = 0 \text{ км/ч};$$

Силу сопротивления, вызываемого инерцией вращающихся масс,

$$W_{j_{гр1}} = 1000M(1 + \gamma_{и}) \cdot a_{гр1} = 1000(130 + 105)(1 + 0.1) \cdot 0.03 = 7755 \text{ Н} = 8 \text{ кН};$$

$$a_{гр1} = \frac{v_{a_{гр1}}^2}{3.6^2 \cdot l_1} = \frac{20^2}{3.6^2 \cdot 1000} = 0,03 \text{ м/с}^2;$$

$$W_{j_{пор1}} = 1000M(1 + \gamma_{и}) \cdot a_{пор1} = 1000 \cdot 105(1 + 0.5)(-0.02) = -231 \text{ Н} = -2 \text{ кН}$$

$$a_{пор1} = \frac{v_{a_{пор1}}^2 - v_{a_{пор2}}^2}{3.6^2 \cdot l_1} = \frac{37^2 - 40^2}{3.6^2 \cdot 1000} = -0,02 \text{ м/с}^2;$$

Силу сопротивления на криволинейных участках автодороги

$$W_{R_{гр1}} = W_{R_{пор1}} = 0, \text{ т. к. } 1\text{-й участок прямой линий.}$$

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11

РАСЧЕТ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ (продолжение практического занятия № 10)

2 участок дороги:

Суммарные силы сопротивления движению автосамосвала на 2-м участке в грузовом и порожняковом направлениях определяем по формуле

$$\begin{aligned} W_{гр2} &= W_{o_{гр2}} + W_{в_{гр2}} + W_{i_{гр2}} + W_{j_{гр2}} + W_{R_{гр2}} \\ &= 1.75 + 53 + 0 + 8 + 0 = 178.5 \text{ кН}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{пор2} &= W_{o_{пор2}} + W_{в_{пор2}} + W_{i_{пор2}} + W_{j_{пор2}} + W_{R_{пор2}} \\ &= 63 + 0 + 0 - 2 + 0 = 61 \text{ кН}; \end{aligned}$$

Силы основного сопротивления движению автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях

$$W_{o_{гр2}} = \omega_{o_{гр2}} \cdot M = 400(130 + 105) = 94000 \text{ Н} = 94 \text{ кН}$$

$$W_{o_{пор2}} = \omega_{o_{пор2}} \cdot M = 480 \cdot 105 = 50000 \text{ Н} = 50 \text{ кН}$$

Силы сопротивления воздушной среды

$$W_{\text{Гр2}} = \lambda \cdot S \frac{(v_{\text{агр}} + v_{\text{в}})^2}{3.6^2} = 5.5 \cdot 40 \frac{(20 + 36)^2}{3.6^2} = 53235 \text{ Н} = 53 \text{ кН};$$

$$\text{Здесь, } v_{\text{агр2}} = \frac{3600 \cdot N_{\text{дв}}}{(\omega + g \cdot i) M} \cdot \eta_{\text{ом}} \cdot \eta_{\text{тр}} = \frac{3600 \cdot 1103}{(400 + 9.81 \cdot 10)(130 + 105)} \cdot 0.9 \cdot$$

$$0.66 = 20 \text{ км/ч};$$

$$W_{\text{впор2}} = 0, \text{ т. к. } (v_{\text{апор2}} - v_{\text{в}}) = (40 - 36) < 35 \text{ км/ч};$$

при движении на спуск принимаем

$$v_{\text{апор2}} = 40 \text{ км/ч};$$

Силу сопротивления от уклона автодороги

$$W_{i\text{Гр2}} = g \cdot i \cdot M = 10 \cdot 10 \cdot 235 = 23500 \text{ Н} = 23,5 \text{ кН}$$

$$W_{i\text{пор2}} = g \cdot i \cdot M = 10 \cdot (-10) \cdot 105 = -10500 \text{ Н} = -10,5 \text{ кН}$$

Силу сопротивления, вызываемого инерцией вращающихся масс,

$$W_{j\text{Гр2}} = 1000M(1 + \gamma_{\text{и}}) \cdot a_{\text{Гр1}} = 1000(130 + 105)(1 + 0.1) \cdot$$

$$0.0 = 0 \text{ кН};$$

$$a_{\text{Гр2}} = 0,0 \text{ м/с}^2;$$

$$W_{j\text{пор2}} = 1000M(1 + \gamma_{\text{и}}) \cdot a_{\text{пор1}} = 1000 \cdot 105(1 + 0.5)(0.02) =$$

$$231 \text{ Н} = 2 \text{ кН}$$

$$a_{\text{пор1}} = \frac{v_{\text{апор2}}^2 - v_{\text{апор2}}^2}{3.6^2 \cdot l_1} = \frac{40^2 - 36^2}{3.6^2 \cdot 1100} = 0.02 \text{ м/с}^2;$$

Силу сопротивления на криволинейных участках автодороги с радиусом $R \leq 70$ м вычисляют по формуле

$$W_{R\text{Гр2}} = 300 \frac{200 - R}{200} M = 300 \frac{200 - 20}{200} 235 = 63450 \text{ Н} = 63,5 \text{ кН}.$$

$$W_{R\text{пор2}} = 300 \frac{200 - R}{200} M = 300 \frac{200 - 20}{200} 105 = 28000 \text{ Н} = 28 \text{ кН}.$$

Результаты расчетов суммарных сил сопротивления движению автосамосвала на каждом участке трассы в грузовом и порожняковом направлениях сведены в табл.1.

Суммарные силы сопротивления движению автосамосвала

Таблица 1.

| Участок | $\omega_0, \text{Н/т}$ | $W_0, \text{кН}$ | $W_B, \text{кН}$ | $W_i, \text{кН}$ | $W_j, \text{кН}$ | $W_R, \text{кН}$ | $W, \text{кН}$ | $v_a, \text{км/ч}$ | $a, \text{м/с}^2$ |
|---------------------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|--------------------|-------------------|
| <i>Грузовое направление</i> | | | | | | | | | |
| 1 | 500 | 117,5 | 53 | 0 | 8 | 0 | 178,5 | 20 | 0,03 |
| 2 | 400 | 94 | 53 | 23,5 | 0 | 63,5 | 234 | 20 | 0 |
| 3 | 400 | 94 | 72 | 35 | 34 | 0 | 165 | 40 | 0,13 |
| 4 | 1 000 | 235 | 45 | 58 | 24 | 62 | 376 | 13 | 0,09 |
| <i>Порожняковое направление</i> | | | | | | | | | |
| 4 | 1 200 | 126 | 0 | 26 | 10 | 27,5 | 137,5 | 40 | 0,10 |
| 3 | 480 | 50 | 0 | 16 | 3 | 0 | 63 | 36 | 0,03 |
| 2 | 480 | 50 | 0 | 10,5 | 2 | 28 | 69,5 | 40 | 0,02 |
| 1 | 600 | 63 | 0 | 0 | 2 | 0 | 61 | 37 | 0,02 |

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 12

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ДИНАМИЧЕСКОГО ФАКТОРА, СКОРОСТИ, СИЛЫ ТЯГИ И ТОРМОЗНОЙ СИЛЫ АВТОСАМОСВАЛА

Цель работы: изучение метода расчета значений динамического фактора, скорости и силы тяги автосамосвала.

Краткие теоретические сведения

Динамический фактор автосамосвала D , Н/т рассчитывается на каждом участке трассы в грузовом и порожняковом направлениях по формуле

$$D = \omega_i + g \cdot \omega_j + \omega_R \quad (1)$$

где j - удельное сопротивление инерции вращающихся масс, Н/т,

$$\omega_i = 1000(1 + \gamma_e) \cdot a \quad (2)$$

ω_R – удельное сопротивление на криволинейных участках трассы, Н/т,

$$\omega_R = \frac{W_R}{I} \quad (3)$$

По полученным положительным ($D > 0$) значениям динамического фактора и полной массы автосамосвала M находят

значения скорости движения и силы тяги с помощью тяговых характеристик (рис.1),

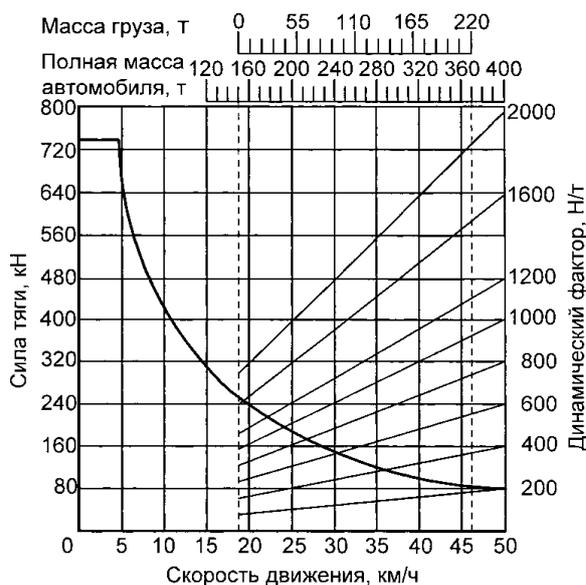


Рис. 1. Тягово-динамическая характеристика автосамосвалов БелАЗ-75306, БелАЗ-75302 грузоподъемностью 220 т

Если значение динамического фактора отрицательное ($D < 0$), скорость должна составлять 30-40 км/ч по условию безопасности движения, а тормозная сила при этом определяется по формуле

$$B = \frac{3600 \cdot N_{дв}}{v} \cdot n_{рм} \cdot n_{тр} \quad (4)$$

Значения силы тяги на каждом участке трассы должны быть не меньше соответствующих значений суммарного сопротивления движению автомобиля ($F \geq W$). Если условие не выполняется, то необходимо уменьшить скорость движения автомобиля на данном участке до такой величины, при которой данное условие будет выполняться.

Максимальное значение силы тяги (тормозной силы) автосамосвала F_{max} , Н, проверяют по условию сцепления колеса с дорогой:

$$F_{max} \leq 1000 M_{сц} \cdot g \cdot \psi, \quad (5)$$

где $M_{сц} = 0.67(q + q_T)$ сцепная масса автомобиля для автосамосвала с колесной формулой 4x2; ψ — коэффициент сцепления колеса с дорогой (табл.1).

Если не выполняется первое условие, то необходимо соответствующим образом увеличить скорость движения автомобиля на данном участке.

Таблица 1

Значения коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорогой

| Дорога | Состояние покрытия дороги | |
|---|---------------------------|----------------------------|
| | Сухое | Мокрое |
| Постоянная: щебеночная с поверхностной обработкой, асфальтобетонная и бетонная | 0,75 | 0,50 |
| | 0,70 | 0,45 |
| Забойная или отвальная: забойная укатанная отвальная укатанная покрытая снегом | 0,60 | 0,40-0,50 |
| | 0,40-0,50 | 0,30-0,40 |
| | 0,20-0,30 | 0,10-0,18 (обледенелая) |

Расчет тормозного пути автосамосвала. Данный расчет производится для тех участков трассы, по которым автосамосвал движется на спуск. Предтормозной путь автосамосвала определяют по формуле

$$L_{дт} = 0,278 \cdot v \cdot t_{п} ,$$

где $t_{п}$ - время приведения тормозов в действие, $t_{п} = 0.4 - 0.7$ с.

Действительный тормозной путь автосамосвала рассчитывают по формуле

$$L_{дт} = \frac{(1+\gamma_e) \cdot v^2 - K_{gi}}{2 \cdot 3.6^2 (g \cdot \psi + K_{\omega_o})} ,$$

где K_{ω_o} - коэффициент основного сопротивления движению автомобиля,

$$K_{\omega_o} = \frac{\omega_o}{1000}$$

K_{gi} - коэффициент сопротивления от уклона дороги,

$$K_{gi} = \frac{g \cdot i}{1000}$$

Полный тормозной путь $L_{т}$, м, вычисляют по формуле

$$L_{т} = L_{пт} + L_{дт} .$$

Пример расчета. Определить силу сопротивления автосамосвала, движущегося по трассе (рис.1. Практическое занятие №11), используя следующие исходные данные:

годовая производительность карьера $A = 40$ млн т; коэффициент неравномерности работы карьера $K_{н.р} = 1,1$; число рабочих дней в году $n_{раб} = 305$; продолжительность смены $T_{см} = 8$ ч;

насыпная плотность груза $\gamma=2$ т/м³; расстояние транспортирования груза $L = 4$ км; скорость ветрового потока $v_B=10$ м/с (36 км/ч); тип автосамосвала БелАЗ-75132;

тип экскаватора ЭКГ-15; коэффициент экскавации $K_Э = 0,75$; породы скальные.

2. Динамический фактор автосамосвала на 1-м участке составляет

$$D_{гр1} = \omega_{o_{гр1}} + \omega_{j_{гр1}} = 500 + 33 = 533 \text{ Н/т},$$

$$D_{пор1} = \omega_{o_{пор1}} + \omega_{j_{пор1}} = 600 - 22 = 578 \text{ Н/т},$$

где

$$\omega_{j_{гр1}} = 1000(1 + \gamma_{и}) \cdot a = 1000(1 + 0.1) \cdot 0.03 = 33 \text{ Н/т}$$

$$\omega_{j_{пор1}} = 1000(1 + 0.1) \cdot (-0.02) = -22 \text{ Н/т}$$

Воспользовавшись тяговой характеристикой автомобиля (рис.2), определяем значения

$v_{гр1} = 26$ км/ч; $F_{гр1} = 111$ кН; $v_{пор1} = 22.5$ км/ч ; $F_{пор1} = 126$ кН

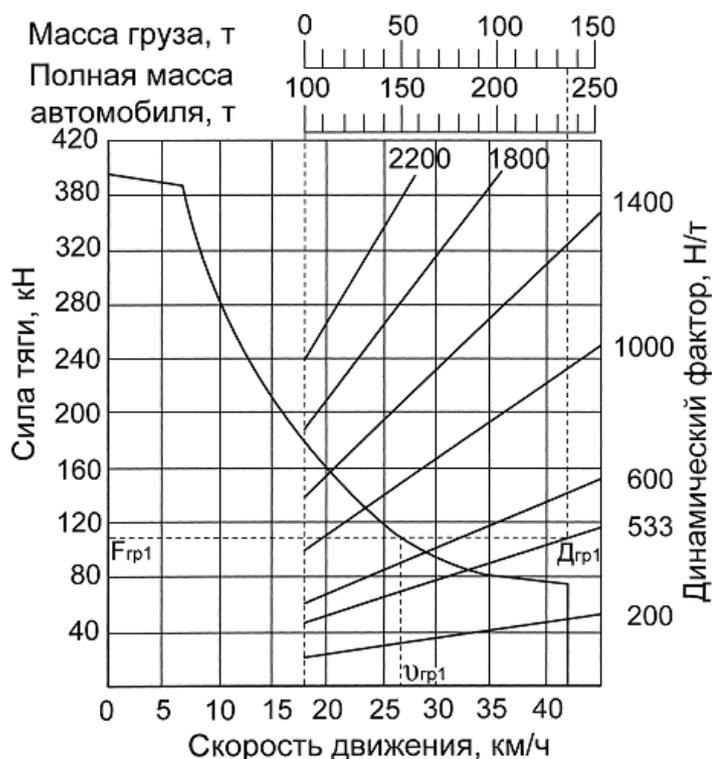


Рис. 2. Тягово-динамическая характеристика автомобиля (к примеру расчета)

Данные по остальным участкам приведены в табл.2.

Скорость движения и значения силы тяги автомобиля

Таблица 2

| Уча- сток | Динамический фактор D , Н/т | | | v , км/ч | F , кН |
|---------------------------------|--|---------------------------------|-----------|---------------|-------------|
| | Формула | Расчет | Результат | | |
| <i>Грузовое направление</i> | | | | | |
| 1 | $\omega_{0гр1} + \omega_{jгр1}$ | 500 +33 | 533 | 26 | 111 |
| 2 | | 400 +9,81+10 +270 | 768 | 17 | 168 |
| 3 | $\omega_{0гр2} + \omega_{iгр2} + \omega_{R2}$ | 400 + 9,81+15 +143 | 396 | 33 | 83 |
| 4 | $\omega_{iао3} - \omega_{iио3} + \omega_{jао3}$ $\omega_{0гр4} + \omega_{iгр4} + \omega_{jгр4} + \omega_{Rгр4}$ | 1 000 + 9,81+25 + 99 + 262,5 | 1 408 | 8 | 333 |
| <i>Порожняковое направление</i> | | | | | |
| 4 | | 1 200 + 9,81+25 +11 + 262,5 | 1 172 | 12 | 258 |
| 3 | $\omega_{0пор4} - \omega_{iпор4} + \omega_{jпор4}$ $+ \omega_{Rпор4}$ | 480 - 9,81+15 -33 | 594 | 23 | 124 |
| 2 | $\omega_{0пор3} - \omega_{iпор3} + \omega_{jпор3}$ | 480 + 9,81-10 +22+ 270 | 684 | 21 | 156 |
| 1 | $\omega_{0пор2} - \omega_{iпор2} + \omega_{jпор2}$ $+ \omega_{Rпор2}$ $\omega_{0гр1} - \omega_{jгр1}$ | 600 - 22 | 578 | 22,5 | 126 |

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 13

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ДИНАМИЧЕСКОГО ФАКТОРА, СКОРОСТИ, СИЛЫ ТЯГИ И ТОРМОЗНОЙ СИЛЫ АВТОСАМОСВАЛА (продолжение практического занятия № 12)

Производим проверку по условию $F \geq W$ на каждом участке трассы. В грузовом направлении на всех участках данное условие не выполняется, поэтому, принимая

$F_{гр1} = 180$ кН, $F_{гр2} = 235$ кН, $F_{гр3} = 170$ кН, $F_{гр4} = 380$ кН,
по тяговой характеристике определяем

$$v_{гр1} = 18 \text{ км/ч}; v_{гр2} = 13 \text{ км/ч}; v_{гр3} = 18 \text{ км/ч}; v_{гр4} = 7 \text{ км/ч};$$

Максимальное значение силы тяги должно соответствовать условию

$$F_{\max} = F_{гр4} \leq 1000 M_{\text{сп}} \cdot g \cdot \psi;$$

$$380000 \leq 1000 \cdot 157.5 \cdot 9.81 \cdot 0.5;$$

$$380000 \leq 772538 \text{ Н.}$$

3. Тормозной путь груженого автосамосвала на 3-м участке определяем по формуле

$$L_{T_{гр3}} = L_{пт_{гр3}} + L_{дт_{гр3}} = 2.5 + 1.8 = 43 \text{ м,}$$

где

$$L_{пт} = 0.278 \cdot v_{гр3} \cdot t_{п} = 0.278 \cdot 18 \cdot 0.5 = 2.5 \text{ м,}$$

$$L_{дт_{гр3}} = \frac{(1+\gamma_{и}) \cdot v_{гр3}^2}{2 \cdot 3.6^2 (g \cdot \psi \cdot K_{\omega_o} - K_{gi})} = \frac{(1+0.1) \cdot 18^2}{2 \cdot 3.6^2 (9.81 \cdot 0.75 + 0.4 - 0.15)} = 1.8 \text{ м}$$

$$\psi = 0,75 \text{ (см. табл. 2.6);}$$

$$K_{\omega_o} = \frac{\omega_{гр1}}{1000} = \frac{400}{1000} = 0.4;$$

$$K_{gi} = \frac{g \cdot i_3}{1000} = \frac{9.81 \cdot 15}{1000} = 0.15$$

Проведя аналогичные расчеты для автосамосвала, движущегося порожняком на 4-х, 2-м участках, получаем

$$L_{T_{пор4}} = 2.9 \text{ м}; L_{T_{пор2}} = 5.4 \text{ м};$$

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 14

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Цель работы: изучение метода расчета расхода топлива и смазочных материалов карьерных автосамосвалов.

Краткие теоретические сведения

Для установления расхода топлива сначала определяется работа, затрачиваемая автомобилем на транспортирование груза. При

перемещении груза снизу-вверх (карьеры глубинного типа) работу, Н·м, рассчитывают по формуле

$$A_{\text{тр}} = (q + q_{\text{T}}) (\omega_{\text{о ср}} \cdot L + 1000g \cdot H) + q_{\text{T}}(L - \Sigma L_{\text{T}})\omega_{\text{о ср}}, \quad (1)$$

где $\omega_{\text{о ср}}$ – средневзвешенное удельное основное сопротивление движению автомобиля, Н/т,

$$\omega_{\text{о ср}} = \frac{\omega_{\text{o1}} \cdot l_1 + \omega_{\text{o2}} \cdot l_2 + \dots + \omega_{\text{on}} \cdot l_n}{l_1 + l_2 + l_n},$$

L - расстояние транспортирования груза, м; H -высота подъема груза, м; ΣL_{T} - сумма тормозных путей, м.

При перемещении груза сверху вниз (карьеры горного типа)

$$A_{\text{тр}} = q(\omega \cdot L + 1000g \cdot H) + (q + q_{\text{T}})(L - \Sigma L)\omega_{\text{о ср}}$$

Расчетный расход топлива E_p , кг определяют по формуле

$$E_p = A_{\text{тр}} \cdot \frac{1}{4187q_{\text{Tc}} \cdot \eta_{\text{диз}}},$$

где q_{Tc} -теплотворная способность дизельного топлива, $q_{\text{Tc}} \approx 10000$, ккал/кг; $\eta_{\text{диз}}$ -КПД дизельного двигателя, $\eta_{\text{диз}}=0,43$.

Фактический расход топлива вычисляют следующим образом:

$$E_{\text{ф}} = E_p \cdot K_{\text{зим}} \cdot K_M \cdot K_{\text{вн}},$$

где $K_{\text{зим}}$ -коэффициент, учитывающий повышение расхода топлива в зимнее время, $K_{\text{зим}}= 1,05-1,10$; K_M - коэффициент, учитывающий расход топлива на маневры, $K_M= 1,04-1,07$; $K_{\text{вн}}$ - коэффициент, учитывающий расход топлива на внутригаражные нужды, $K_{\text{вн}}=1,04-1,06$.

Расход масла составляет 4-6% от расхода топлива, расход смазочных материалов 1-1,5%.

Пример расчета.

Определить расход топлива и смазочных материалов карьерных автосамосвалов для условий предыдущих занятий.

Для определения расчетного и фактического расходов топлива автосамосвалом за один рейс сначала находим работу на транспортирование груза:

$$\begin{aligned} A_{\text{тр}} &= (q + q_{\text{T}}) (\omega_{\text{о ср}} \cdot L + 1000 \cdot g \cdot H) + q_{\text{T}} \left(L - \sum L_{\text{T}} \right) \omega_{\text{о ср}} \\ &= (130 + 105)(667 \cdot 4000 + 1000 \cdot 9.81 \cdot 30.5) \\ &\quad + 105(4000 - 12.6) \cdot 667 = 9.8 \cdot 10^8 \text{ Н} \cdot \text{м}, \end{aligned}$$

$$\omega_{\text{ср}} = \frac{\sum \omega_i \cdot l_i}{\sum l_i}$$

$$= \frac{500 \cdot 1000 + 400 \cdot 1100 + 400 \cdot 700 + 1000 \cdot 1200 + 1200 \cdot 1200}{1000 + 1100 + 700 + 1200 + 480 \cdot 700 + 480 \cdot 1100 + 600 \cdot 1000} = 667 \frac{\text{H}}{\text{Т}}$$

$$H = \frac{\sum l_i \cdot l_i}{1000} = \frac{0 \cdot 1000 + 10 \cdot 1100 - 15 \cdot 700 + 25 \cdot 1200}{1000} = 30.5 \text{ м}$$

$$\sum L_{\text{T}} = L_{\text{Tгрз}} + L_{\text{Tпор4}} + L_{\text{Tпор2}} = 4.3 + 2.9 + 5.4 = 12.6 \text{ м}$$

Тогда

$$E_p = \frac{A_{\text{гр}}}{4187 \cdot q_{\text{гс}} \cdot \eta_{\text{диз}}} = \frac{9.8 \cdot 10^6}{4187 \cdot 10000 \cdot 0.43} = 54.4 \text{ кг};$$

$$E_{\phi} = E_p \cdot K_{\text{зим}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{вн}} = 54.4 \cdot 1.05 \cdot 1.04 \cdot 1.04 = 61.8 \text{ кг}$$

Расход масла- 2,5 кг; расход смазочных материалов- 0,6 кг.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 15

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ РАСЧЕТ КАРЬЕРНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Цель работы: определение рабочего и инвентарного парка автосамосвалов.

Краткие теоретические сведения

Эксплуатационный расчет предусматривает:

- 1) определение времени рейса автосамосвала;
- 2) определение производительности автосамосвала;
- 3) расчет парков автосамосвалов;
- 4) определение пропускной и провозной способности карьерных автодорог.

Определение времени рейса автосамосвала. Время рейса T_p , мин, складывается из следующих составляющих:

$$T_p = t_{\text{п}} + t_{\text{дв}} + t_p + t_{\text{доп}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{п}}$ - время погрузки автомобиля, мин,

$$t_{\text{п}} = \frac{q \cdot t_{\text{ц}}}{0.9 \cdot V_k \cdot \gamma \cdot K_{\text{э}}}$$

($t_{\text{п}}$ -время цикла экскаватора, мин; V_k -емкость ковша экскаватора, м³;

γ -насыпная плотность груза, т/м³; $K_{\text{э}}$ - коэффициент экскавации);
 $t_{\text{дв}}$ – время движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях, мин,

$$t_{\text{дв}} = (\sum t_{\text{гр}} + \sum t_{\text{пор}})K_{\text{рз}} = \left(\sum \frac{3.6l_i}{60v_{\text{гри}}} + \sum \frac{3.6l_i}{60v_{\text{пори}}} \right), \quad (2)$$

($\sum t_{\text{гр}}, \sum t_{\text{пор}}$ - суммарное время движения автосамосвала, соответственно, в грузовом и порожняковом направлениях, мин; $K_{\text{рз}} = 1,10-1,12$ - коэффициент, учитывающий разгон и замедление автосамосвала при движении);

$t_{\text{р}}$ - время разгрузки автосамосвала, $t_{\text{р}}=0,75-1,0$ мин; $t_{\text{доп}}$ -время, затраченное на маневры при подъезде автосамосвала к местам погрузки и разгрузки, мин:

Загрузка:

| | |
|-----------|-----------|
| сквозная | 0-0,20 |
| петлевая | 0,33-0,42 |
| тупиковая | 0,83-1,0 |
| Разгрузка | 1,34-1,72 |

Определение производительности автосамосвала. Сменную техническую производительность $Q_{\text{см}}$, т, определяют по формуле

$$Q_{\text{см}} = \frac{60T_{\text{см}} \cdot q \cdot K_{\text{Г}}}{T_{\text{р}} - t_{\text{доп}}}, \quad (3)$$

где $T_{\text{см}}$ -продолжительность смены, ч; $K_{\text{Г}}$ -коэффициент технической готовности, характеризующий безотказность и ремонтпригодность автомобиля, $K_{\text{Г}}=0,75-0,80$.

Расчет парков автосамосвалов. Сначала вычисляют сменный грузооборот карьера $Q'_{\text{см}, \text{Г}}$:

$$Q'_{\text{см}} = \frac{A \cdot K_{\text{ир}}}{n_{\text{раб}} \cdot n_{\text{см}}}, \quad (4)$$

где A -годовая производительность карьера, т; $K_{\text{ир}}$ -коэффициент

неравномерности работы карьера, $K_{ир}=1,1-1,2$; $n_{раб}$ -число рабочих дней в году; $n_{см}$ -количество смен в сутки.

Рабочий парк автосамосвалов определяют по формуле

$$N_{раб} = K_{нд} \frac{Q'_{см}}{Q_{см}}, \quad (5)$$

где $K_{нд}$ -коэффициент неравномерности движения автосамосвалов, $K_{нд}= 1,2$.

Инвентарный парк автосамосвалов рассчитывают по формуле

$$N_{инв} = \frac{N_{раб}}{K_{г}}, \quad (6)$$

Определение пропускной и провозной способности карьерных автодорог. Пропускную способность $N_{ч}$, автомобилей в час находят следующим образом:

$$N_{ч} = \frac{1000 \cdot v_{срт}}{K_{нд}(L_{т}+l_{а})}, \quad (7)$$

где $v_{срт}$ -среднетехническая скорость движения автосамосвала, км/ч

$$v_{срт} = \frac{2v_{гр} \cdot v_{пор}}{v_{гр} + v_{пор}}, \quad (8)$$

Здесь $v_{гр} \cdot v_{пор}$ средние скорости движения автомобиля с грузом и без груза, км/ч); $L_{т}$ –максимальный тормозной путь (определяется в тяговом расчете), м; $l_{а}$ -длина автомобиля, м.

Провозную способность $M_{а}$, т/ч, вычисляют по формуле

$$M_{а} = \frac{N_{ч}}{K_{рез}} \cdot q, \quad (9)$$

где $K_{рез}$ - коэффициент резерва пропускной способности, $K_{рез}=1,75-2,0$.

Пример расчета. Выполнить тяговый и эксплуатационный расчеты автосамосвала, движущегося по трассе, используя следующие исходные данные:

годовая производительность карьера $A = 40$ млн т;

5. Время рейса автосамосвала определяем по формуле

$$T_{р} = t_{п} + t_{дв} + t_{р} + t_{доп} = 3.2 + 31.7 + 1.0 + 2.2 = 38.1 \text{ мин,}$$

где

$$t_{п} = \frac{q \cdot t_{ц}}{0.9 \cdot V_{к} \cdot \gamma \cdot K_{э}} = \frac{130 \cdot 0.5}{0.9 \cdot 15 \cdot 2 \cdot 0.75} = 3.2 \text{ мин;}$$

$$t_{\text{дв}} = (\sum t_{\text{дв}} + \sum t_{\text{пор}}) \cdot K_{\text{рез}} \text{ Давоми бор}$$

6. Производительность автосамосвала рассчитываем по выражению

$$Q_{\text{см}} = \frac{60 \cdot T_{\text{см}} \cdot q \cdot K_{\Gamma}}{T_p - t_{\text{доп}}} = \frac{60 \cdot 8 \cdot 130 \cdot 0.75}{38.1 - 2.2} = 1300 \text{ т/см}$$

7. Для определения рабочего и инвентарного парков автосамосвалов сначала находим сменный грузооборот карьера:

$$Q_{\text{см}} = \frac{A \cdot K_{\text{нд}}}{n_{\text{раб}} \cdot n_{\text{см}}} = \frac{40 \cdot 10^6 \cdot 1.1}{305 \cdot 3} = 40000 \text{ т}$$

Тогда

$$N_{\text{раб}} = K_{\text{нд}} \cdot \frac{Q'_{\text{см}}}{Q_{\text{см}}} = 1.2 \frac{48080}{1300} = 37;$$

$$N_{\text{инв}} = \frac{N_{\text{раб}}}{K_{\Gamma}} = \frac{37}{0.}$$

8. Пропускная и провозная способность автодороги составила

$$N_{\text{ч}} = \frac{1000 \cdot v_{\text{срт}}}{K_{\text{нд}}(L_{\Gamma} + l_a)} = \frac{1000 \cdot 16.5}{1.2(5.4 + 11.5)} = 833 \text{ авт/ч,}$$

где

$$\eta_{\text{стр}} = \frac{2v_{\text{гр}} \cdot v_{\text{пор}}}{v_{\text{гр}} + v_{\text{пор}}} = \frac{2 \cdot 14 \cdot 20}{14 + 20} = 16.5 \text{ км/ч;}$$

$$v_{\text{гр}} = \frac{18 + 13 + 18 + 7}{4} = 14 \text{ км/ч;}$$

$$v_{\text{пор}} = \frac{12 + 23 + 21 + 22.5}{4} = 20 \text{ км/ч;}$$

$$M_a = \frac{N_{\text{ч}}}{K_{\text{рез}}} \cdot q = \frac{833}{2.0} \cdot 130 = 54145 \text{ т/ч}$$

Если на проектируемом предприятии принята организация движения, при которой автосамосвал в течение смены закреплен за определенным экскаватором, то по результатам расчетов строится график движения автосамосвалов. Если автомобиль направляется к свободному в данный момент экскаватору, то график движения не строится.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 16

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА

Цель работы: изучение метода расчета мощности двигателя скребкового конвейера горных предприятий.

Краткие теоретические сведения

Потребная мощность двигателя скребкового конвейера может быть определена по формуле:

$$N = \frac{W_0 \cdot v}{102 \cdot \eta_m}, \text{ кВт} \quad (1)$$

где W_0 –тяговое усилие на начальной окружности звездочки, кг;
 η_m –к.п.д. передаточного механизма. Так, для зубчатых редукторов на каждую пару цилиндрических зубчатых колес $\eta_m = 0,96 \div 0,97$, для конических $\eta_m = 0,95 \div 0,96$ и для цепной передачи $\eta_m = 0,92 \div 0,93$.

Установочная мощность двигателя обычно принимается на $15 \div 20$ % больше N , т.е.

$$N_{\text{уст}} = k \cdot N, \text{ кВт}, \quad (2)$$

где $k = 1,15 \div 1,2$ –коэффициент запаса мощности.

Тяговое усилие W_0 затрачивается на преодоление следующих сопротивлений:

1) Сопротивление перемещению насыпного груза и цепи со скребками на грузовой ветви;

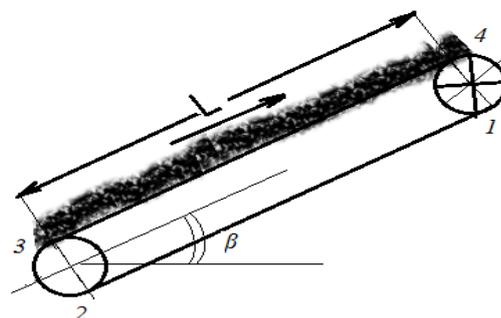


Рис.1.

2) Сопротивление перемещению цепи со скребками на порожней ветви;

3) Сопротивление на концевых звездочках;

4) Сопротивление от составляющей веса на наклонных

установках.

Обозначим

S_1, S_2, S_3, S_4 –натяжение цепи в точках 1,2,3,4 (рис.1), кг;

$W_{гр}$ –сопротивление движению на грузе ветви, кг;

$W_{пор}$ –сопротивление движению на порожней ветви, кг;

W_{2-3} и W_{4-1} –сопротивления на концевых звездочках, соответственно на отклоняющей и головной, кг;

f_1 –коэффициент сопротивления перемещению скребковой цепи по дну желоба, обычно принимается равным $0,25 \div 0,45$;

w' – коэффициент сопротивления перемещению груза по дну желоба.

для угля можно принимать $w' = 0.30 \div 0.50$, q_0 –вес 1 м цепи со скребками, кг/м.

Тогда

$$W_{гр} = (q \cdot w' + q_0 \cdot f_1) \cdot L \cdot \cos\beta \pm (q + q_0) \cdot L \cdot \sin\beta, \text{ кг}; \quad (3)$$

$$W_{пор} = q_0 \cdot L \cdot f_1 \cdot \cos\beta \pm q_0 \cdot L \cdot \sin\beta, \text{ кг}. \quad (4)$$

При расчете скребковых конвейеров обычно принимают $S_1 = 200 \div 300$ кг.

Сопротивление на концевых звездочках принято учитывать коэффициент. Так:

$$W_{2-3} = (0,07 \div 0,09) \cdot S_2, \quad \text{кг};$$
$$W_{4-1} = (0,04 \div 0,05) \cdot (S_1 + S_4), \text{ кг}.$$

Поэтому

$$S_1 = 200 \div 300 \text{ кг (на одну цепь);}$$

$$S_2 = S_1 + W_{пор}, \text{ кг};$$

$$S_3 = (1,07 \div 1,09) \cdot S_2, \text{ кг};$$

$$S_4 = S_3 + W_{гр} = (1,07 \div 1,09) \cdot (S_1 + W_{пор}) + W_{гр}, \text{ кг}; \quad (5)$$

$$W_0 = S_4 - S_1 + (0,04 \div 0,05) \cdot (S_1 + S_4), \text{ кг}. \quad (6)$$

Примеры расчетов мощности двигателя скребкового конвейера

Пример 1

Определить потребную мощность двигателя скребкового конвейера для доставки антрацита вверх по лаве, если $Q = 50 \text{ т/час}$, $L = 80 \text{ м}$, $\beta = 10^\circ$, $w = 0,45$, $f_1 = 0,3$. Погонный вес скребковой цепи $q_0 = 12,2 \text{ кг/м}$, $v = 0,4 \text{ м/сек}$.

Решение

а) Определение погонной нагрузки q .

$$q = \frac{Q}{3.6 \cdot v} = \frac{50}{3.6 \cdot 0.4} = 34.72 \approx 35 \text{ кг/м}$$

б) Определение сопротивлений движению груженой и порожней ветвей скребковой цепи $W_{гр}$ и $W_{пор}$

$$W_{гр} = (q \cdot w' + q_0 \cdot f_1) \cdot L \cdot \cos\beta + (q + q_0) \cdot L \cdot \sin\beta =$$

$$(35 \cdot 0.45 + 12.2 \cdot 0.3) \cdot 80 \cdot 0.9848 + (35 + 12.2) \cdot 80 \cdot 0.1736 =$$

$$2185 \text{ кг}$$

$$W_{пор} = q_0 \cdot L \cdot f_1 \cdot \cos\beta - q_0 \cdot L \cdot \sin\beta$$

$$= 12.2 \cdot 80 \cdot 0.3 \cdot 0.9848 - 12.2 \cdot 80 \cdot 0.1736 = 119 \text{ кг}$$

в) Определение натяжений цепи в характерных точках конвейера (в точках 1, 2, 3 и 4 — см. рис. 2):

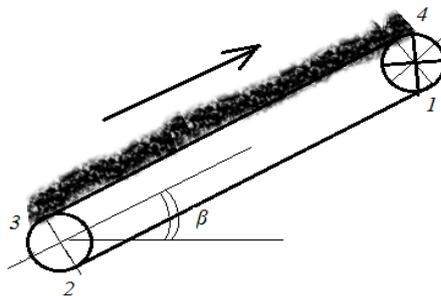


Рис.2

$$S_1 = 200$$

$$S_2 = S_1 + W_{пор} = 200 + 119 = 319$$

$$S_3 = 1.09 \cdot S_2 = 1.09 \cdot 319 = 348$$

$$S_4 = S_3 + W_{гр} = 348 + 2185 = 2533$$

г) Определяем тяговое усилие $-W_0$:

$$W_0 = S_4 - S_1 + 0.05(S_1 + S_4) = 2533 - 200 + 0.05(200 + 2533)$$

$$= 2469.5 \approx 2470$$

д) Определение к.п.д. передачи η_m

Передаточный механизм состоит из редуктора с двумя парами зубчатых колес, из которых одна пара коническая, и цепной передачи. Принимаем $\eta_m = 0,97 \cdot 0,96 \cdot 0,93 = 0,865$.

е) Определение потребной мощности двигателя N :

$$N = \frac{W_0 \cdot 0,4}{102 \cdot \eta_m} = \frac{2470 \cdot 0,4}{102 \cdot 0,865} = 11.2 \text{ кВт}$$

$$N_{уст} = 1,15 \cdot N = 1.15 \cdot 11.2 = 12.88 \approx 13 \text{ кВт}$$

Ответ: $N_{уст} = 13 \text{ кВт}$.

Пример 2

Определить требуемую мощность двигателя скребкового конвейера для доставки антрацита вниз по лаве, если $Q = 50 \text{ т/час}$, $L = 80 \text{ м}$, $\beta = -10^\circ$, $w = 0,45$, $f_1 = 0,3$. Погонный вес скребковой цепи $q_0 = 12,2 \text{ кг/м}$, $v = 0,4 \text{ м/сек}$.

Решение .

А. Определение $W_{\text{гр}}$ и $W_{\text{пор}}$:

$$W_{\text{гр}} = (q \cdot w' + q_0 \cdot f_1) \cdot L \cdot \cos\beta + (q + q_0) \cdot L \cdot \sin\beta = \\ (35 \cdot 0,45 + 12,2 \cdot 0,3) \cdot 80 \cdot 0,9848 - (35 + 12,2) \cdot 80 \cdot 0,1736 = \\ 875 \text{ кг}$$

$$W_{\text{пор}} = q_0 \cdot L \cdot f_1 \cdot \cos\beta + q_0 \cdot L \cdot \sin\beta = \\ = 12,2 \cdot 80 \cdot 0,3 \cdot 0,9848 + 12,2 \cdot 80 \cdot 0,1736 = 458 \text{ кг}$$

Б). Определение натяжений цепи в характерных точках конвейера в точках 1, 2, 3 и 4. (рис. 3):

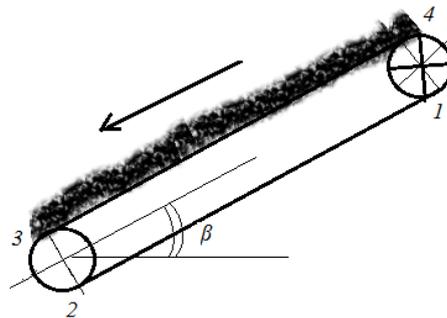


Рис.3

$$S_1 = 200$$

$$S_2 = S_1 + W_{\text{пор}} = 200 + 458 = 658$$

$$S_3 = 1,09 \cdot S_2 = 1,09 \cdot 658 = 712$$

$$S_4 = S_3 + W_{\text{гр}} = 712 + 875 = 1587$$

г) Определяем тяговое усилие $-W_0$:

$$W_0 = S_4 - S_1 + 0,05(S_1 + S_4) = 1587 - 200 + 0,05(200 + 1587) \\ = 1476$$

д) Определение к.п.д. передачи η_m

Передаточный механизм состоит из редуктора с двумя парами зубчатых колес, из которых одна пара коническая, и цепной передачи. Принимаем $\eta_m = 0,97 \cdot 0,96 \cdot 0,93 = 0,865$.

е) Определение требуемой мощности двигателя N :

$$N = \frac{W_0 \cdot 0,4}{102 \cdot \eta_m} = \frac{1476 \cdot 0,4}{102 \cdot 0,865} = 6,69 \approx 6,7 \text{ кВт}$$

Ответ: $N_{\text{уст}} = 6,7 \text{ кВт}$.

Пример 3

На скребковом конвейере установлен электродвигатель мощностью $N_{\text{уст}} = 21,5 \text{ кВт}$. Скорость цепи $v=0,5 \text{ м/сек}$, $q_0=20 \text{ кг/м}$, $F_0=0,063 \text{ м}^2$. Определить максимально допустимую производительность установки Q и коэффициент наполнения желоба, при этом предполагая доставку угля $\gamma=0,85 \text{ т/м}^3$) по горизонтали. Длина доставки $L=100 \text{ м}$.

Решение:

а) Определение максимального тягового усилия из предположения, что коэффициент запаса мощности $\kappa=1$. По формуле (1) найдем W_0 :

$$W_0 = \frac{N \cdot 102 \cdot \eta_m}{v} = \frac{21,5 \cdot 102 \cdot 0,839}{0,5} = 3684 \text{ кг},$$

где $\eta_m = 0,96 \cdot 0,97 \cdot 0,93 = 0,839$

Так как редуктор конвейера имеет одну пару конических зубчатых колес и две пары цилиндрических, а передача от редуктора к головному валу цепная.

б) Определение натяжения цепи в точке 4 по формуле 5:

$$S_4 = \frac{W_0 + S_1(1 - 0,05)}{1,05} = \frac{3684 + 2 \cdot 250 \cdot 0,95}{1,05} = 3732 \text{ кг},$$

где $S_1 = 2 \cdot 250 = 500 \text{ кг}$, так как конвейер двухцепной.

б) Определение погонной нагрузки q .

Заменив $W_{\text{гр}}$ и $W_{\text{пор}}$ их значениями, получим

$$S_4 = 1,09(S_1 + q_0 \cdot f_1 \cdot L) + (q \cdot w' + q_0 \cdot f_1) \cdot L \text{ кг},$$

если принять $w' = 0,50$, $f_1 = 0,25$,

$$q = \frac{S_4 - 1,09(S_1 + q_0 \cdot f_1 \cdot L) - q_0 \cdot f_1 \cdot L}{w' \cdot L} = \frac{S_4 - 1,09 \cdot S_1 - 2,09 q_0 \cdot f_1 \cdot L}{w' \cdot L} = \frac{3732 - 1,09 \cdot 500 - 2,09 \cdot 20 \cdot 0,25 \cdot 100}{0,5 \cdot 100} = 42,8 \text{ кг/м}$$

г) Определение производительности Q :

$$Q = 3,6 \cdot q \cdot v = 3,6 \cdot 42,8 \cdot 0,5 = 77 \text{ Т/час}$$

д) Определение коэффициента заполнения желоба ψ .

$$\psi = \frac{Q}{3600 \cdot F_0 \cdot \gamma \cdot \vartheta} = \frac{77}{3600 \cdot 0.063 \cdot 0.85 \cdot 0.5} = 0.798 \approx 0.8$$

Ответ: $Q=77$ т/час. $\Psi=0,8$.

Задачи для самостоятельных работ

Задача 1

Определить потребную мощность двигателя и максимальное статическое натяжение цепи скребкового конвейера СКР-11, если конвейер работает по доставке угля ($\gamma=0,84$ т/м³) вниз по падению пласта. Угол падения пласта $\beta=3^\circ$. Длина доставки $L=100$ м. Производительность $Q=30$ т/час. При решении задачи принять $\omega'=0,50$; $f_1=0,20$; $S_1=250$ кг.

Ответ. $S_{\max}=S_4=1664$ кг. $N=6,85$ квт.

Задача 2

Определить необходимое сечение желоба, потребную мощность на валу двигателя скребкового конвейера ($\gamma=0,84$ т/м³). Угол падения пласта $\beta=15^\circ$, $Q=30$ т/час, $L=100$ м, при расчете принять $v=0.5$ м/сек, $q_0=20$ кг/м $w'=0.5$, $f_1=0.25$, $\eta_m=0.85$, $\Psi=0,9 \cdot 0.75$ (где 0,75- коэффициент, учитывающий уменьшение полезного сечения желоба при $\beta=+15^\circ$).

Ответ: $F_0=0.124$ м², $N=36.3$ квт.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 17

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Цель работы: изучение метода расчета производительности ленточных конвейеров горных предприятий.

Краткие теоретические сведения

Для определения производительности ленточного конвейера используем формулу

$$Q = 366 \cdot F \cdot v \cdot \gamma \text{ т/час,} \quad (1)$$

Площадь сечения насыпного груза F определяется следующим образом.

а) Для плоской ленты условно принимают, что груз располагается по равнобедренному треугольнику с основанием $b = 0,8 B$ и c углом при основании и $\rho'' = 0,5 \cdot \rho'$ (рис.1,а), где B – ширина ленты m ; ρ' – угол естественного откоса насыпного груза для угля, гравия, камня $\rho' = 30^\circ + 40^\circ$. Для дробленой руды и щебня $\rho' = 45^\circ$.

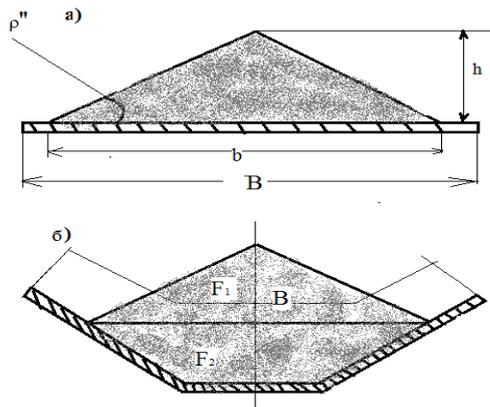


Рис. 1

Согласно рис. 1,а

$$F_{\text{пл}} = \frac{b \cdot h}{2} = \frac{b \cdot b \cdot \text{tg} \rho''}{2 \cdot 2} = \frac{0,8^2 \cdot B^2}{4} \text{tg} \rho'' = 0,16 \cdot B^2 \cdot \text{tg}(0,5 \cdot \rho') \quad (2)$$

б) Для лотковой ленты принимают площадь сечения насыпного груза как сумму площади треугольника F_1 и площади трапеции F_2 , т.е. $F_{\text{лотк}} = F_1 + F_2 \dots m^2$ (см.рис.1,б).

Установлено, что с достаточной точностью можно принять

$$F_1 = F_{\text{пл}} = 0,16 \cdot B^2 \cdot \text{tg}(0,5 \cdot \rho') \dots m^2$$

$$F_2 = 0,16 \cdot B^2 \cdot \text{tg}(0,5 \cdot 30^\circ) \dots m^2$$

Суммируя, получим

$$F_{\text{лотк}} = 0,16 \cdot B^2 \text{tg}(0,5 \cdot \rho') + 0,16 \cdot B^2 \cdot \text{tg} 15^\circ = 0,16 \cdot B^2 \cdot \text{tg}(0,5 \cdot \rho') + 0,0428 \cdot B^2, m^2 \quad (3)$$

Подставляя полученные значения F в выражение (3), получим:

а) Для плоской ленты:

$$Q = 3600 \cdot 0,16 \cdot B^2 \text{tg}(0,5 \cdot \rho') \cdot \gamma \cdot v = 576 \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v \cdot \text{tg}(0,5 \cdot \rho'), \text{ т/час.} \quad (4)$$

б) Для лотковой ленты

$$Q = 3600[0,16 \cdot B^2 \cdot \text{tg}(0,5 \cdot \rho') + 0,0428 \cdot B^2] \cdot \gamma \cdot v = [576 \cdot \text{tg}(0,5 \cdot \rho') + 155] \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v, \text{ т/час.} \quad (5)$$

Согласно выражениям (15) и (16) можно написать общую формулу для определения производительности

$$Q = k \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v, \text{ т/час.} \quad (6)$$

k - коэффициент, зависящий от формы ленты и угла естественного откоса транспортируемого материала.

На наклонных ленточных конвейерах, вследствие скатывания груза, производительность несколько уменьшается. Рекомендуется для наклонных конвейеров численное значение производительности, полученное из выражения (5), уменьшать:

при углах $10 \div 15^\circ$ на $5 \div 10\%$

при углах $15 \div 18^\circ$ на $10 \div 15\%$

Для данной производительности Q можно определить необходимую ширину ленты B .

$$B = \sqrt{\frac{Q}{k \cdot \gamma \cdot v}} \text{ м} \quad (7)$$

Определенная по производительности ширина ленты B должна быть проверена по крупности кусков транспортируемого насыпного груза.

Для стационарных установок для рядового насыпного груза с максимальным размером кусков в поперечнике $a'_{\text{макс}}$ мм

$$B \geq 2 \cdot \alpha'_{\text{макс}} + 200 \text{ мм, } \dots \text{ мм} \quad (8)$$

Для сортированного груза с размером в поперечнике средних кусков $\alpha'_{\text{ср-мм}}$

$$B \geq 3,3 \alpha'_{\text{ср}} + 200 \text{ мм, } \dots \text{ мм.} \quad (9)$$

На забойных и штрековых конвейерах соотношение (8) и (9) обычно не соблюдается.

Ширина ленты B округляется до стандартной.

В табл. 1 представлена формула (7) для $\rho' = 30, 35, 40$ и 45° в зависимости от формы ленты.

Таблица 1

| ρ' град. | Для плоской ленты | Для лотковой ленты |
|------------------|--|--|
| 30 | $Q = 155 \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v$ (17а) | $Q = 310 \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v$ (17' а) |
| 35 | $Q = 180 \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v$ (17б) | $Q = 335 \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v$ (17' б) |
| 40 | $Q = 210 \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v$ (17в) | $Q = 365 \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v$ (17' в) |
| 45 | $Q = 240 \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v$ (17г) | $Q = 395 \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v$ (17' г) |

Примеры расчетов по определению производительности ленточных конвейеров

Пример 1

Определить площадь сечения насыпного груза на ленте ленточного конвейера для следующих данных: $Q = 80 \text{ т/час}$,

$$v = 1 \text{ м/сек}, \quad \gamma = 0,9 \text{ т/м}^3$$

Решение

Согласно формуле (3)

$$F = \frac{Q}{3600 \cdot v \cdot \gamma} = \frac{80}{3600 \cdot 1 \cdot 0,9} = 0,0247 \text{ м}^2$$

Ответ $F = 0,0247 \text{ м}^2$.

Пример 2

Проверить ширину ленты ленточного конвейера на крупность кусков рядового насыпного груза, если $B=700 \text{ мм}$, $\alpha'_{\text{макс}}=250 \text{ мм}$.

Решение

Согласно формуле (8)

$$B \geq 2 \cdot \alpha'_{\text{макс}} + 200 = 2 \cdot 250 + 200 = 700 \text{ мм}.$$

Так как $B = 700 \text{ мм}$, то ширина ленты по крупности кусков угля приемлема.

Ответ: Лента приемлема.

Пример 3

Выбрать ширину ленты для ленточного конвейера с плоской лентой для следующих условий: $Q = 120 \text{ т/час}$, $\gamma = 0,95 \text{ т/м}^3$, $\rho' = 40^\circ$, $v = 1 \text{ м/сек}$ уголь, $\alpha'_{\text{ср}} = 200 \div 250 \text{ мм} \approx 225 \text{ мм}$.

Решение

а) Определение ширины ленты по производительности, согласно формуле (7) и табл. 1

$$B = \sqrt{\frac{Q}{210 \cdot \gamma \cdot v}} = \sqrt{\frac{120}{210 \cdot 0,95 \cdot 1}} = 0,7770 \text{ м}.$$

б) Проверка B по кусковатости.

Согласно формуле (9)

$$B \geq 3,3 \alpha'_{ac} \cdot + 200 = 3,3 \cdot 250 + 200 = 943 \text{ мм.}$$

Так как по кусковатости B больше, чем по производительности, то принимаем ширину ленты по кусковатости. Выбираем стандартную ленту $B=1000$ мм.

в) Определения Q при $B = 1000$ мм.

Согласно табл. 1 при $\rho' = 40^\circ$

$$Q = 210 \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v = 210 \cdot 1^2 \cdot 0,95 \cdot 1 = 199,5 \text{ т/час,}$$

что значительно выше заданной $Q = 120$ т/час, поэтому для уменьшения износа ленты желательно принять меньшую скорость, чем заданную.

г) Определение минимально допустимой (по производительности) скорости ленты

$$v \geq \frac{Q}{210 \cdot B^2 \cdot \gamma} = \frac{120}{210 \cdot 1^2 \cdot 0,95} = 0,6 \text{ м/сек}$$

Ответ: $B = 1000$ мм.

Пример 4

Определить производительность ленточного конвейера с плоской лентой, транспортирующего уголь ($\gamma=0,9$ т/м³, $\rho'=35^\circ$),
Если $B=900$ мм, $v=1$ м/с.

Решение

По формуле $Q = 180 \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v$ т/час

$$Q = 180 \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v = 180 \cdot 0,9^2 \cdot 0,9 \cdot 1 = 131,3 \approx 130 \text{ т/час.}$$

Ответ: $Q=130$ т/час.

Задачи для самостоятельных работ

Задача 1

Определить производительность ленточного конвейера с лотковой лентой, транспортирующего уголь ($\gamma=0,85$ т/м³, $\rho'=30^\circ$),
если $B=700$ мм, $v=1$ м/сек.

Решение

Согласно формуле $Q = 155 \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v$ т/час.

$$Q = 155 \cdot B^2 \cdot \gamma \cdot v = 155 \cdot 0,7^2 \cdot 0,85 \cdot 1 = 129,2 \approx 129 \text{ т/час.}$$

Ответ: $Q=129$ т/час.

Задача 2

Определить производительность лоткового ленточного конвейера ($B=800$ мм, $v=1$ м/сек), предназначенного для перемещения руды ($\gamma=2$ т/м³ и $\rho'=40^\circ$)

Ответ: $Q=467$ т/час.

Задача 3

Определить минимальные ширину и скорость ленты ленточного конвейера с плоской лентой для следующих условий: $Q=40$ т/час, $\gamma=1,6$ т/м³, $\rho'=35^\circ$, $a'_{\text{макс}}=300$ мм.

Ответ: $Q=800$ мм, $v=0.22$ м/сек.

Задача 4

Определить производительность ленточного конвейера с лотковой лентой, если $B=900$ мм, $\gamma=1$ м/с. Транспортируемый материал – уголь ($\gamma=0,85$ т/м³, $\rho'=30^\circ$),

Ответ: $Q=213.4 \approx 213$ т/час.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 18

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ЛЕНТЫ КОНВЕЙЕРОВ

Цель работы: изучение метода по определению сопротивления движению ленты конвейеров на горных предприятиях.

Краткие теоретические сведения

а) Сопротивление движению на прямолинейных участках.

При движении ленты по роликам роlikоопор необходимо преодолеть сопротивление в подшипниках роликов и сопротивление качению ленты по роликам.

Оба указанных сопротивления учитываются коэффициентом сопротивления движению ленты ω' .

Принимаем q – вес груза на 1 пог. м ленты, кг/м.

$$q_{\text{л}} \text{ – вес } 1 \text{ пог. м ленты, кг / м.} \quad (1)$$

q'_p – вес вращающихся частей роликов на грузовой ветви, приходящихся на 1 пог. м длины конвейера, кг/м

q''_p – вес вращающихся частей роликов на порожней ветви, приходящихся на 1 пог. м, кг/м.

Сопротивление движению ленты на грузовой ветви

$$W_{гр} = (q + q_{л} + q'_{р}) \cdot L \cdot \cos \beta \cdot w' \pm (q + q_{л}) L \cdot \sin \beta, \text{кг.} \quad (2)$$

Сопротивление движению ленты на порожней ветви

$$W_{пор} = (q_{л} + q''_{р}) \cdot L \cdot \cos \beta \cdot w' \pm q_{л} \cdot L \cdot \sin \beta, \text{кг} \quad (3)$$

Вес l пог. м ленты определяется по следующей формуле:

$$q_{л} = 1,1 \cdot B \cdot (1,25 \cdot i + s_1 + s_2) \cdot \text{кг/м}, \quad (4)$$

где 1,1 – удельный вес ленты, т/м^3 ;

B – ширина ленты, м;

1,25 – толщина слоя ленты на одну прокладку, мм;

i – число прокладок в ленте ориентировочно может быть принято в зависимости от B по табл.1.

Таблица 1

| | | | | | | | | |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Ширина ленты B , мм | 300 | 400 | 500 | 650 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 |
| Число прокладок, i . . | 3-4 | 3-6 | 3-6 | 3-7 | 4-8 | 5-10 | 6-12 | 7-12 |

S_1 и S_2 толщины соответственно верхней и нижней обкладки, мм; принимается согласно табл.2

Таблица 2

| Перемещаемый насыпной груз | Толщина обкладки, мм | |
|--|----------------------|--------|
| | верхней | нижней |
| Порошкообразный и зерновой – цемент и т.д. | 0 -1 | 0 -1 |
| Мелкозернистые и мелкокусковые ($\alpha^1 < 50$ мм) гравий и уголь . | 1,5 | 1 |
| Малоабразивные средне – и крупнокусковые ($\alpha' > 50$ мм, $\gamma < 2 \text{ т/м}^3$) уголь рядовой и сортированный, торф кусковой. | 3 | 1 |
| Абразивные средне -и крупнокусковые ($\alpha' > 50$ мм, $\gamma \geq 2 \text{ т/м}^3$) – камень, горная порода, руда. | 4,5 | 1,5 |
| Тяжелые крупнокусковые ($\alpha' > 150$ мм, $\gamma > 2 \text{ т/м}^3$) – бурый железняк и др . . . | 6 | 1,5 |

Вес вращающихся частей роликов на 1 пог. м

$$q'_{л} = \frac{G_p}{L_1} \text{кг/м} \text{ и } q_p = \frac{G_p}{L_2} \text{кг/м.}$$

где l_1 – расстояние между роликоопорами на грузовой ветви, $l_1 \approx 1 \div 1,2$ м;

l_2 – расстояние между роликоопорами на порожней ветви, $l_2 \approx 1 \div 3,2$ м;

G_p – вес вращающихся частей роликов роликоопор, кг.

Приближенно для однороликовой опоры

$$G_p = 3 + 8 \cdot B, \text{кг} \quad (5)$$

Для трехроликовой опоры

$$G_p = 9 + 8 \cdot B, \text{кг} \quad (6)$$

Здесь B – ширина ленты, м

Коэффициент сопротивления движению w' зависит от диаметра роликов конструкции их подшипников, главным образом, от технического состояния условий эксплуатации. Так, на стационарных установках при хорошем исполнении и благоприятных условиях эксплуатации

$$w' = 0,02 \div 0,03$$

при средних условиях

$$w' = 0,03 \div 0,04$$

Для забойных и штрековых конвейеров

$$w' = 0,05 \div 0,06 \text{ и больше}$$

При движении ленты по неподвижным направляющим

$$W_{гр} = (q + q_{л}) \cdot L \cdot \cos \beta \cdot \mu' \pm (q + q_{л}) \cdot L \cdot \sin \beta, \text{кг} \quad (7)$$

б) Сопротивление движению ленты при огибании отклоняющих и приводных барабанов.

Сопротивление на отклоняющих барабанах принимают:

1) при угле обхвата $\alpha = 180^\circ$

$$W_{об} = (0,05 \div 0,07) \cdot S_{нб}, \text{кг} \quad (8)$$

2) при угле обхвата $\alpha = 90^\circ$

$$W_{об} = (0,03 \div 0,05) \cdot S_{нб}, \text{кг} \quad (9)$$

По сопротивлению на приводных барабанах можно учитывать к.п.д.

Так, при одноприводном барабане $\eta_b = 0,94 \div 0,95$,

при двухприводном барабане $\eta_b = 0,91 \div 0,92$,

в) Сопротивление на сбрасывающих устройствах (при разгрузке).

Для плужкового сбрасывателя

$$W_{разгр} = 2,7 \cdot q \cdot B, \text{кг} \quad (10)$$

Примеры расчетов сопротивлений движению ленты конвейеров

Пример 1

Определить вес 1 пог.м ленты, имеющей ширину $B = 700$ мм, число прокладок $i = 5$, $s_1 = 3$ мм, $s_2 = 1$ мм.

Решение

Согласно формуле

$$q_{\text{л}} = 1,1 \cdot B(1,25 \cdot i + s_1 + s_2) = 1,1 \cdot 0,7(1,25 \cdot 5 + 3 + 1) = 7,88 \text{ кг/м.}$$

Ответ: $q_{\text{л}} = 7,88$, кг/м.

Пример 2

Определить вес вращающихся частей роликов, приходящихся на 1 пог. м длины конвейера с лотковой лентой, если $B = 700$ мм, $I_1 = 1$ м, $I_2 = 3$ м.

Решение

Для грузовой ветви, согласно выражениям

$$q'_{\text{р}} = \frac{G_{\text{р}}}{L_1} = \frac{9 + 8 \cdot B}{L_1} = \frac{9 + 1 \cdot 0,7}{1} = 14,6 \text{ кг/м}$$

Для порожней ветви, согласно выражениям

$$q''_{\text{р}} = \frac{3 + 8 \cdot B}{L_2} = \frac{3 + 8 \cdot 0,7}{3} = 2,87 \text{ кг/м}$$

Ответ: $q'_{\text{р}} = 14,6$ кг/м, $q''_{\text{р}} = 2,87$ кг/м

Пример 3

Определить сопротивления движению на грузовой и порожней ветвях конвейера с лотковой лентой, установленной на штреке, если $Q = 100$ т/час, $L = 100$ м, $v = 1$ м/сек, $B = 650$ мм, $i = 5$, $s_1 = 3$ мм, $s_2 = 1$ мм, $l_1 = 1$ м, $l_2 = 3$ м.

Решение

Сопротивление движению ленты на грузовой ветви

$$W_{\text{гр}} = (q + q_{\text{л}} + q'_{\text{р}}) \cdot L \cdot \cos\beta \cdot w' \pm (q + q_{\text{л}}) \cdot L \cdot \sin\beta, \quad \text{кг}$$

Сопротивление движению ленты на порожней ветви

$$W_{\text{пор}} = (q_{\text{л}} + q''_{\text{р}}) \cdot L \cdot \cos\beta \cdot w' \pm q_{\text{л}} \cdot L \cdot \sin\beta, \quad \text{кг}$$

Согласно формулам (1) и (2) при $\beta=0$

$$W_{гр} = (q + q_L + q'_p) \cdot L \cdot w' \quad \text{кг}$$

$$W_{пор} = (q_L + q''_p) \cdot L \cdot \cos\beta \cdot w', \quad \text{кг}$$

При $w' = 0,06$

$$q = \frac{Q}{3.6v} = \frac{100}{3.6 \cdot 1} = 27.8 \text{ кг/м}$$

$$q_L = 1.1 \cdot 0.65 \cdot (1.25 \cdot 5 + 3 + 1) = 7.3 \text{ кг/м}$$

$$q'_p = \frac{9 + 8 \cdot 0,65}{1} = 14,2 \text{ кг/м}$$

$$q''_p = \frac{3 + 8 \cdot 0,65}{3} = 2,7 \text{ кг/м}$$

Получим

$$W_{гр} = (27,8 + 7,3 + 14,2) \cdot 100 \cdot 0,06 = 296 \text{ кг}$$

$$W_{пор} = (7,3 + 2,7) \cdot 100 \cdot 0,06 = 60 \text{ кг}$$

Ответ: $W_{гр} = 296 \text{ кг}$, $W_{пор} = 60 \text{ кг}$

Задачи для самостоятельных работ

Задача 1

Определить сопротивление на грузовой и порожней ветвях наклонного конвейера с плоской лентой. $Q=150 \text{ т/час}$, $L=250 \text{ м}$, $v=1,3 \text{ м/сек}$, $B=1000 \text{ м}$, $i=8$, $s_1=4,5 \text{ мм}$, $s_2=1,5 \text{ мм}$, $l_1=1,1 \text{ м}$, $l_2=2,2 \text{ м}$, $\beta=8^\circ$, движение груза вверх. Принять $w''=0.05$

Ответ: $W_{гр} = 2923$ $W_{пор} = -332$

Задача 2

Определить сопротивление на грузовой и порожней ветвях наклонного конвейера с плоской лентой. $Q=120 \text{ т/час}$, $L=200 \text{ м}$, $v=1,3 \text{ м/сек}$, $B=800 \text{ м}$, $i=5$, $s_1=3 \text{ мм}$, $s_2=1 \text{ мм}$, $l_1=1 \text{ м}$, $l_2=3 \text{ м}$, $\beta=12^\circ$. Движение груза вниз. Принять $w''=0.05$

Ответ: $W_{гр} = -1251 \text{ кг}$ $W_{пор} = 492 \text{ кг}$

Задача 3

Определить сопротивление на грузовой и порожней ветвях наклонного конвейера с лотковой лентой. Транспортируемый материал - уголь - поступает на ленту в двух пунктах по длине конвейера - в начале грузовой ветви ($Q_1=75 \text{ т/час}$) на расстоянии 100 м от первого пункта питания ($Q_2=75 \text{ т/час}$). $L=300 \text{ м}$, $v=1 \text{ м/сек}$, $B=800 \text{ м}$, $i=8$, $s_1=3 \text{ мм}$, $s_2=1 \text{ мм}$, $l_1=1,2 \text{ м}$, $l_2=2,4 \text{ м}$, $\beta=12^\circ$. Движение груза вверх. Принять $w''=0.05$

Ответ: $W_{гр} = -441$ кг $W_{пор} = 3085$ кг.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 19

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ ЛЕНТЫ И МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Цель работы: изучение метода по определению мощности двигателя ленточных конвейеров горных предприятий.

Краткие теоретические сведения

Для определения мощности двигателя необходимо знать тяговое усилие на приводном барабане. Тяговое усилие находится по натяжению ветвей ленты: а) набегающей на приводной барабан ветви ленты и б) сбегаящей с приводного барабана ветви ленты.

а) Определение натяжений в ленте

Натяжения в ленте определяем методом обхода по контуру. Сущность этого метода заключается, как известно, в том, что натяжение тягового органа (ленты) в любой точке контура конвейера равно натяжению в предыдущей (относительно хода) в сумме с сопротивлением на участке между этими точками, т.е.

$$S_n = S_{n-1} + W_{(n-1)-n}, \text{ кг.} \quad (1)$$

Например, натяжения в ленте согласно рис. 1 в характерных точках 1, 2, 3 и 4 будут:

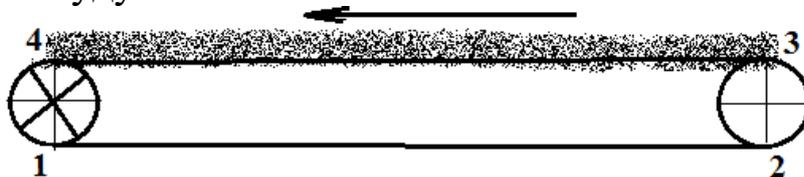


Рис. 1

В точке 1, т.е. в точке сбегания, $S_{сб} = S_1, \text{ кг};$

В точке 2 $S_2 = S_1 + W_{1-2} = S_1 + W_{пор}, \text{ кг}; \quad (2)$

В точке 3 $S_3 = S_2 + W_{2-3} = S_2 + k \cdot S_2 = (1 + k)(S_1 + W_{пор}),$
кг; (29в)

$$\begin{aligned} \text{В точке 4 } S_4 &= S_3 + W_{3-4} = S_3 + W_{\text{гр}} = (1+k)(S_1 + W_{\text{пор}}) + \\ W_{\text{гр}} &= (1+k) \cdot W_{\text{пор}} + W_{\text{гр}} = A_1 \cdot S_1 + B_1, \text{ кг} \end{aligned} \quad (3)$$

В данном случае (рис.1)

$$A_1 = 1 + k; B_1 = (1+k)W_{\text{пор}} + W_{\text{гр}}.$$

В общем случае.

$$S_{\text{нб}} = AS_{\text{сб}} + B, \text{ кг},$$

Любое из написанных выше уравнений имеет два неизвестных, например, $S_{\text{нб}}$ и $S_{\text{сб}}$

Так как на любом работающем ленточном конвейере должна быть соблюдена определенная зависимость между $S_{\text{нб}}$ и $S_{\text{сб}}$, выражаемая формулой Эйлера

$$S_{\text{нб}} \leq S_{\text{сб}} \cdot e^{\mu\alpha}, \text{ кг};$$

то для определения $S_{\text{нб}}$ и $S_{\text{сб}}$ необходимо решить систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} S_{\text{нб}} = S_{\text{сб}} + B, \text{ кг} : \\ S_{\text{нб}} \leq S_{\text{сб}} e^{\mu\alpha} \text{ кг} , \end{cases}$$

Решая данную систему уравнений, найдем $S_{\text{сб}}$ и $S_{\text{нб}}$, зная которые можно определить натяжения в любой точке ленты. При расчетах формулу Эйлера удобно написать так

$$k_3 \cdot t \cdot S_{\text{нб}} = S_{\text{сб}} \cdot e^{\mu\alpha}, \text{ кг},$$

В уравнениях $e = 2,718$ (основание натуральных логарифмов):

μ – коэффициент трения между лентой и поверхностью барабана: μ зависит от рода и состояния трущихся поверхностей (см.табл.6);

α – угол обхвата лентой приводного барабана (или барабанов) в радианах:

$k_3 \cdot t$ – коэффициент, учитывающий запас силы трения.

Значения для $e^{\mu\alpha}$ при различных μ и α можно брать из табл. 1.

Так как тяговая сила на приводном барабане

$$W_0 = S_{\text{сб}} - S_{\text{нб}} \text{ кг}, \quad (4)$$

$$S_{\text{нб}} \leq S_{\text{сб}} \cdot e^{\mu\alpha} \text{ кг} \quad (5)$$

то, решая данное уравнение совместно, получим

$$W_0 \leq S_{\text{сб}} \cdot (e^{\mu\alpha} - 1) = S_{\text{нб}} \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha}},$$

Как видно из выражений, чем выше μ и α , тем меньше $S_{\text{сб}}$ и $S_{\text{нб}}$ при том же W_0 . Следовательно, чем под

меньшим максимальным натяжением находится лента, тем меньше может быть число прокладок в ней.

б) Проверка натяжения ленты при провисании

Определив натяжение ленты в характерных точках конвейера, проверяют натяжение ленты при провисании.

Обычно проверка стрелы провисания производится для точки с наименьшим натяжением нагруженной ветви. В этом случае стрела провисания

$$f = \frac{(q + q_l) \cdot L_1^2}{8S_{\min}}, \text{ м} \quad (6)$$

Для стационарных установок наибольшая допускаемая точка провисания.

$$f_{\max} = 0,025L_1,$$

Подставляя f_{\max} , после преобразования, получим

$$S_{\min} = 5(q + q_l)l_1, \text{ кг} \quad (7)$$

| Род барабана и атмосферные условия | μ | α в градусах и радианах | | | | | | | | | | | |
|---|-------|--------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|
| | | 180° | 210° | 240° | 270° | 300° | 330° | 360° | 360° | 400° | 420° | 450° | 480° |
| | | 3,14 | 3,66 | 4,19 | 4,71 | 5,21 | 5,76 | 6,28 | 6,63 | 6,98 | 7,33 | 7,85 | 8,38 |
| Обточенный барабан и сильно влажная (мокрая) атмосфера | 0,10 | 1,37 | 1,44 | 1,52 | 1,60 | 1,69 | 1,78 | 1,87 | 1,94 | 2,01 | 2,08 | 2,19 | 2,31 |
| Футерованный барабан и очень влажная атмосфера | 0,15 | 1,60 | 1,73 | 1,87 | 2,03 | 2,19 | 2,37 | 2,57 | 2,71 | 2,85 | 3,00 | 3,25 | 3,51 |
| Обточенный барабан и влажная атмосфера | 0,20 | 1,87 | 2,08 | 2,31 | 2,57 | 2,85 | 3,16 | 3,51 | 3,77 | 4,04 | 4,33 | 4,84 | 5,34 |
| Обточенный барабан и сухая атмосфера | 0,30 | 2,56 | 3,00 | 3,51 | 4,11 | 4,81 | 5,63 | 6,69 | 7,31 | 8,14 | 9,00 | 10,5 | 12,35 |
| Барабан с деревянной футеровкой и сухая атмосфера . | 0,35 | 3,00 | 3,61 | 4,33 | 5,20 | 6,27 | 7,51 | 9,02 | 10,19 | 11,5 | 13,0 | 15,6 | 19,92 |
| Барабан с ленточной тканой футеровкой и сухая атмосфера | 0,40 | 3,51 | 4,33 | 5,34 | 6,59 | 8,12 | 10,01 | 12,33 | 14,35 | 16,3 | 18,6 | 23,0 | 28,54 |

Необходимо, чтобы минимальное натяжение ленты на грузовой ветви $S_{д.мин} < S_{мин}$ от $S_{д.мин}$ увеличивалось более $S_{мин}$. В этом случае производится пересчет всех натяжений ленты конвейера.

В некоторых случаях удобно вести расчет натяжения ленты, начиная с $S_{мин}$ с последующей проверкой натяжения на передачу тягового усилия.

в) Проверка ленты по условиям прочности

Проверка ленты на прочность сводится к определению числа прокладок в ней. Как известно,

$$l = \frac{S_{макс} \cdot k}{B \cdot k_p}, \quad (8)$$

где $S_{макс}$ – максимальное натяжение ленты, кг;

$k_p \approx 55 - 60$ кг/см – временное сопротивление ткани одной прокладки на разрыв ;

B – ширина ленты, см ;

k – запас прочности, принимают в зависимости от числа прокладок в ленте

| | | | |
|-----------------------------|-------|-------|--------|
| Число прокладок в ленте i | 4 ÷ 5 | 6 ÷ 8 | 9 ÷ 11 |
| Запас прочности k . | 10,5 | 11 | 11,5 |

Если число прокладок, вычисленное по формуле (8), больше ранее принятого (в зависимости от B), то принимается i согласно формуле (8) и при длинных установках делается пересчет сопротивлений и натяжений с новой проверкой на прочность ленты по формуле (8)

г) **Определение мощности двигателя**

Потребная мощность двигателя определяется по формуле

$$N = \frac{W_0 \cdot v}{102 \cdot \eta_m \cdot \eta_b} \text{ кВт} \quad (9)$$

Установочную мощность двигателя необходимо брать 15 ÷ 20 % больше расчетной.

Примеры расчетов мощности двигателя ленточных конвейеров

Пример 1

Определить натяжение ленты конвейера, установленного горизонтально (рис.1.). Проверить ленту на провисание и прочность. Определить усилие на натяжном устройстве, установленном на отклоняющих барабанах 2-3.

$Q = 300 \text{ т/час}$, $L = 80 \text{ м}$, $v = 1,5 \text{ м/сек}$, $B = 1200 \text{ мм}$, $i = 9$, $s_1 = 3 \text{ мм}$, $s_2 = 1 \text{ мм}$, $l_1 = 1 \text{ м}$, $l_2 = 3 \text{ м}$, лента лотковой формы. Привод однобарабанный, угол обхвата $\alpha = 210^\circ$. Приводной барабан обточенный, атмосфера влажная.

Решение

1. Определение $W_{гр}$ и $W_{пор}$

Предварительно определяем q , q_l , q_p и q''_p :

$$q = \frac{Q}{3,6 \cdot v} = \frac{300}{3,6 \times 1,5} = 55,5 \text{ кг/м}$$

$$q_l = 1,1 \cdot B(1,25 \cdot i + S_1 + S_2) = 1,1 \times 1,2(1,25 \times 9 + 3 + 1) = 20,1 \text{ кг/м};$$

$$q'_p = \frac{G_p}{l_1} = \frac{9+8 \cdot B}{l_1} = \frac{9+8 \times 1,2}{1} = 18,6 \text{ кг/м};$$

$$q''_p = \frac{G_p}{l_2} = \frac{3+8 \cdot B}{l_2} = \frac{3+8 \times 1,2}{3} = 4,2 \text{ кг/м};$$

Принимаем $w' = 0,04$

$$W_{гр} = (q + q_l + q'_p) \cdot L \cdot w' = (55,5 + 20,1 + 18,6) \times 80 \times 0,04 = 301 \text{ кг};$$

$$W_{пор} = (q_l + q''_p) \cdot L \cdot w' = (20,1 + 4,2) \times 80 \times 0,04 = 78 \text{ кг}.$$

2. Определение натяжений в точках 1,2,3,4

S_1 , кг

$$S_2 = S_1 + W_{пор} = S_1 + 78, \text{ кг};$$

$$S_3 = S_2 + k \cdot S_2 = 1,06 \cdot S_1 + 83, \text{ кг};$$

$$S_4 = S_3 + W_{гр} = 1,06 \cdot S_1 + 83 + 301 = 1,06 \cdot S_1 + 384, \text{ кг};$$

$$k_{з.т.} \cdot S_4 = S_1 \cdot e^{\mu\alpha}, \text{ кг}$$

Для наших условий $\mu = 0,2e^{\mu\alpha} = 2,08$.

Вообще же $e^{\mu\alpha}$ определяется следующим образом:

Пусть $x = x^\alpha$,

$$\lg x = \alpha \mu \cdot \lg e = \alpha \cdot \mu = 0,43425.$$

По логарифму находим число (т.е. $x = e^{\mu\alpha}$).

В нашем примере выразим предварительно $\alpha = 210^\circ$ в радианах

$$\alpha = \frac{210 \cdot \pi}{180} = 3,665;$$

$$x = e^{\mu\alpha} = 2,718^{0,2 \times 3,665};$$

$$Igx = 0,25 \times 3,665 \times 0,43425 = 0,318;$$

$$x = 2,08.$$

Приняв запас силы трения $k_{з.т} = 1,2$, решим систему двух уравнений :

$$S_4 = 1,06 \cdot S_1 + 384, \text{ кг};$$

$$1,2S_4 = 2,08 \cdot S_1, \text{ кг};$$

$$S_1 = 569 \text{ кг}.$$

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 20

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ ЛЕНТЫ И МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ (продолжение практического занятия № 19)

Задача 1

Определить мощность двигателя, устанавливаемого на горизонтальном ленточном конвейере, при следующих условиях

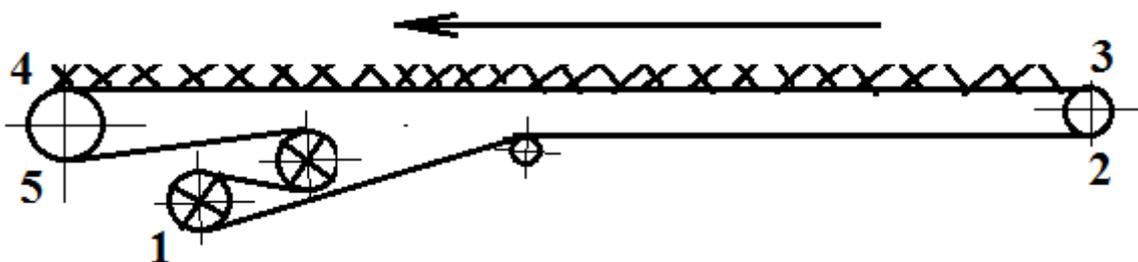


Рис.1.

$Q=100 \text{ т/час}$. $L=300 \text{ м}$, $v=1 \text{ м/сек}$, $B=700 \text{ м}$, $i=5$, $s_1=4,5 \text{ мм}$, $s_2=1,5 \text{ мм}$, $l_1=1 \text{ м}$, $l_2=3 \text{ м}$, лента лотковой формы, привод двухбарабанный расположен в конце грузовой ветви, $\alpha=480^\circ$ (рис.1)

Решение

1) Определение $W_{гр}$, $W_{пор}$ и $e^{\mu\alpha}$

Предварительно определяем q , q_L , q'_p , q''_p

$$q = \frac{Q}{3,6 v} = \frac{100}{3,6 \cdot 1} = 27,8 \frac{\text{кг}}{\text{м}};$$

$$\begin{aligned}
q_L &= 1,1 \cdot B \cdot (1,25i + s_1 + s_2) = 1,1 \cdot 0,7 \cdot (1,25 \cdot 5 + 4,5 + 1,5) \\
&= 9,43 \approx 9,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}}; \\
q'_p &= \frac{9 + 8 \cdot B}{l_1} = \frac{9 + 8 \cdot 0,7}{1} = 14,6 \approx \frac{\text{кг}}{\text{м}}. \\
q''_p &= \frac{3 + 8 \cdot B}{l_2} = \frac{3 + 8 \cdot 0,7}{3} = 2,87 \approx 2,9 \frac{\text{кг}}{\text{м}}.
\end{aligned}$$

Принимаем $w' = 0,05$.

$$\begin{aligned}
W_{\text{гр}} &= (q + q_L + q'_p) \cdot L \cdot w' = (27,8 + 9,5 + 14,6) \cdot 300 \cdot 0,05 \\
&= 778 \text{ кг}
\end{aligned}$$

$$W_{\text{пор}} = (q_L + q''_p) \cdot L \cdot \cos\beta \cdot w' = (9,5 + 2,9) \cdot 300 \cdot 0,05 = 186.$$

$$\alpha = 480^\circ, \mu = 0,2, e^{\alpha\mu} = 5,34$$

2) Определение натяжений

$$\begin{aligned}
S_1 &= 310 \text{ кг}, \\
S_2 &= S_1 + W_{\text{пор}} = S_1 + 186 = 496 \text{ кг}, \\
S_3 &= S_2 + k \cdot S_2 = 1,06S_2 + 197 = 525 \text{ кг}; \\
S_4 &= S_3 + W_{\text{гр}} = 1,06S_1 + 197 + 778 = 1,06S_1 + 975 = 1303 \text{ кг}; \\
S_5 &= S_4 + kS_4 = 1,12S_1 + 1033 = 1380 \text{ кг}. \\
k_{3,т} \cdot S_5 &= S_1 \cdot e^{\alpha\mu} \text{ при } k_{3,т} = 1,2 \text{ и } e^{\alpha\mu} = 5,34; \\
S_5 \cdot 1,2 &= S_1 \cdot 5,34.
\end{aligned}$$

Решая систему уравнений, получим $S_1 = 310 \text{ кг}$, $S_5 = 1380 \text{ кг}$.

Проверка ленты на провисание

$$S_1 = (q + q_L) \cdot l_1 = 5 \cdot (27,8 + 9,5) \cdot 1 = 187 < S_3 = 500 \text{ кг}.$$

Лента соответствует условиям провисания.

Проверка ленты на прочность

$$i = \frac{S_{\text{макс}} \cdot k}{B \cdot k_p} = \frac{1380 \cdot 10,5}{65 \cdot 55} \approx 4,06 < 5,$$

Т.е. лента приемлема.

3) Определение тягового усилия

$$W_0 = S_5 + S_1 = 1380 + 310 = 1070 \text{ кг}.$$

4) Определение мощности

Редуктор состоит из трех пар зубчатых колес, кроме того, еще одна пара зубчатых колес передает тяговое усилие на второй приводной барабан, т.е.

$$\mu_m = 0,96^3 \cdot 0,95 = 0,84.$$

Так как число приводных барабанов два, то $\mu_6 = 0,92$.

$$N = \frac{W_0 \cdot v}{102\eta_m\eta_6} = \frac{1070 \cdot 1}{102 \cdot 0,84 \cdot 0,92} = 13,6 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{уст}} = (1,15 \div 1,2)N = (1,15 \div 1,2) \cdot 13,6 = 15,6 \div 16,6 \text{ кВт};$$

Ответ $N_{\text{уст}} = 15,6 \div 16,6 \text{ кВт};$

Задачи для самостоятельных работ

Задача 1.

Определить натяжение ленты конвейера, установленного горизонтально (рис.1.). Проверить ленту на провисание и прочность. Определить усилие на натяжном устройстве, установленном на отклоняющем барабане 2-3. $Q = 400 \text{ т/час}$, $L = 120 \text{ м}$, $v = 1,5 \text{ м/сек}$, $B = 1000 \text{ мм}$, $i = 9$, $s_1 = 3 \text{ мм}$, $s_2 = 1 \text{ мм}$, $l_1 = 1 \text{ м}$, $l_2 = 3 \text{ м}$, лента лотковой формы. Привод однобарабанный, угол обхвата $\alpha = 210^\circ$. Приводной барабан обточенный, атмосфера влажная.

Задача 2.

Определить мощность двигателя, устанавливаемого на горизонтальном ленточном конвейере, для следующих условий: $Q=200 \text{ т/час}$, $L=400 \text{ м}$, $v=3 \text{ м/сек}$, $B=1000 \text{ м}$, $i=5$, $s_1=4,5 \text{ мм}$, $s_2=1,5 \text{ мм}$, $l_1=1 \text{ м}$, $l_2=3 \text{ м}$, лента лотковой формы, привод двухбарабанный расположен в конце грузеной ветви, $\alpha=480^\circ$.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 21

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СКРЕПЕРНЫХ УСТАНОВОК

Цель работы: изучение метода расчета основных параметров скреперных установок, применяемых на подземных рудниках.

Краткие теоретические сведения

Часовая производительность скреперной установки определяется по формуле

$$Q = \frac{3600}{T_p} \cdot \frac{G \cdot \psi}{1000} = \frac{3,6 \cdot \psi}{T_p} \text{т/час} \quad (1)$$

Здесь G - емкость скрепера, кг;

ψ – коэффициент наполнения скрепера

T_p – продолжительность полного хода /цикла/ скрепера, сек.

Если $v_{гр}$ и $v_{пор}$ – скорость движения груженого и порожнего скрепера, м/сек.

L - средняя длина скреперования, м.

$t_{п}$ – суммарная пауза при двукратном переключении хода скрепера и продолжительность времени, теряемого при замедлении и ускорении движения скрепера, сек,

То

$$Q = \frac{3,6 \cdot G \cdot \psi}{\frac{L}{v_{гр}} + \frac{L}{v_{пор}} + t_{п}} \text{т/час} \quad (2)$$

Если известно Q , может быть найдено

$$G = \frac{Q}{3,6 \cdot \psi} \left(\frac{L}{v_{гр}} + \frac{L}{v_{пор}} + t_{п} \right) \text{кг.} \quad (3)$$

Емкость скрепера в куб. метрах при насыпном весе груза γ т/м³

$$V = \frac{G}{1000\gamma} = \frac{Q}{3600 \cdot \gamma \cdot \psi} \left(\frac{L}{v_{гр}} + \frac{L}{v_{пор}} + t_{п} \right) \text{м}^3 \quad (4)$$

Пример расчета основных параметров скреперных установок

Пример 1

Определить емкость скрепера для аварийного склада угля ($\gamma = 1 \text{ т/м}^3$, $\rho' = 40^\circ$). Емкость склада $G_c = 10 \cdot 1500 = 15000 \text{ т}$, $\alpha = 100^\circ$, $H = 6 \text{ м}$. Производительность подъема $Q_n = 128 \text{ т/час}$, при $t_{под} = 13,5 \text{ час}$.

Решение

1. Определение потребной производительности скреперной установки

Принимаем число часов работы скреперной установки по складированию угля $t_c = 21 \text{ час}$.

В этом случае необходимая производительность скреперной установки:

$$Q = \frac{Q_n \cdot t_{под}}{t_c} = \frac{128 \cdot 13,5}{21} = 82,3 \approx 83 \text{ т/час.}$$

2. Определение средней длины скреперования.

Предварительно определяем средний радиус штабеля

$$R = \sqrt{\frac{360 \cdot G_c}{\pi \cdot \alpha \cdot H \cdot \gamma \cdot \psi}} = \sqrt{\frac{360 \cdot 15000}{3,14 \cdot 100 \cdot 6 \cdot 1 \cdot 0,9}} = 56,5 \text{ м,}$$

где $\psi = 0,9$ – коэффициент заполнения штабеля.

Средняя длина скреперования

$$R_{\text{ср}} = \frac{2}{3} R = \frac{2}{3} \cdot 56,5 \approx 38 \text{ м.}$$

3. Определение емкости скрепера

Принимаем среднюю скорость канатов лебедки (ориентируясь на лебедку СЭ-3)

$$v_{\text{гр}} = 1,5 \text{ м/сек,}$$

$$v_{\text{пор}} = 3 \text{ м/сек.}$$

Емкость скрепера при коэффициенте заполнения скрепера $\psi = 0,9$ и $t_{\text{п}} = 40$ сек.

$$G = \frac{Q}{3,6 \cdot \psi} \cdot \left(\frac{R_{\text{ср}}}{v_{\text{гр}}} + \frac{R_{\text{ср}}}{v_{\text{пор}}} + t_{\text{п}} \right) = \frac{83}{3,6 \cdot 0,9} \cdot \left(\frac{38}{1,5} + \frac{38}{3} + 40 \right) \\ = 2000 \text{ кг}$$

Ответ $G = 2000 \text{ кг}$

Задача 1

Определить высоту конусного первичного штабеля, если производительность подъема $Q_{\text{п}} = 128 \text{ т/час}$, число часов работы подъема по выдаче угля ($\gamma = 1 \text{ т/м}^3$, $\rho' = 40^\circ$), $t_{\text{под}} = 13$ час

Решение

1. Определение емкости первичного штабеля

$$G_1 = t_{\text{под}}(Q_{\text{п}} - Q) = 13(128 - 83) = 585 \text{ т}$$

Объем первичного штабеля

$$V_1 = \frac{G}{\gamma} = \frac{585}{1} = 585 \text{ м}^3.$$

2. Определение высоты первичного штабеля

$$H_1 = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V \cdot tg^2 \rho'}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 585 \cdot tg^2 40^\circ}{3,14}} = 7,33 \text{ м}$$

Ответ $H_1 = 7,33 \text{ м}$

Задачи для самостоятельных работ

Определить емкость скрепера для аварийного склада угля ($\gamma = 1 \text{ т/м}^3, \rho' = 40^\circ$). Емкость склада $G_c = 10 \cdot 1500 = 15000 \text{ т}$, $\alpha = 100^\circ, H = 6 \text{ м}$. Производительность подъема $Q_n = 128 \text{ т/час}$, при $t_{\text{под}} = 13,5 \text{ час}$.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 22

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ СКРЕПЕРНОЙ УСТАНОВКИ

Цель работы: расчет основных параметров скреперных установок, применяемых на подземных рудниках.

Краткие теоретические сведения

Потребная мощность двигателя скреперной лебедки определяется по силе тяги, нужной для перемещения груженого и порожнего скреперов:

а) сила тяги, необходимая для перемещения груженого скрепера

$$W_{\text{гр}} = (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5) \cdot k, \text{ кг} \quad (1)$$

Здесь $W_1 = \pm (G + G_0) \cdot \sin \beta, \text{ кг};$

$$W_2 = (G \cdot f_1 + G_0 f_2) \cos \beta, \text{ кг};$$

$$W_3 = L_k \cdot p \cdot f_3 \cdot \cos \beta, \text{ кг};$$

$$W_4 = W_m, \text{ кг};$$

$$W_5 = \sum W_{\text{бл}}; \text{ кг}$$

Для скреперных установок аварийных складов принимают:

Коэффициент сопротивления перемещению угля по уголю $f_1 = 0,6$

Коэффициент сопротивления перемещению руды по руде $f_1 = 0,75 - 0,80$

Коэффициент сопротивления перемещению скрепера или каната по углю или руде $f_2 = f_2 = 0,45 \div 0,55$

Коэффициент увеличения тяговой силы на неучтенные сопротивления на угольных штабелях $k=1,4$, на рудных $k=1,25$.

Сопротивление при торможении барабана $W_m = 100 \div 400$ кг.

Собственный вес угольных скреперов $G = 0,5 \cdot G$

Погонный вес грузового каната ρ может быть ориентировочно принят по усилию

$$S = (1,5 \div 1,6)G, \quad \text{кг} \quad (2)$$

Сопротивление на отклоняющих блоках можно принимать $3 \div 5\%$ $S_{нб}$ при угле обхвата $\alpha = 90^\circ$ и $5 \div 7\%$ от $S_{нб}$ при $\alpha = 180^\circ$

б) Сила тяги, необходимая для перемещения порожнего скрепера

$$W_{пор} = (W'_1 + W'_2 + W'_3 + W'_4 + W'_5) \cdot k', \quad \text{кг} \quad (2)$$

где $W_1 = \pm G_0 \cdot \sin \beta$, кг;

$$W_2 = (G_0 \cdot f_2) \cos \beta, \text{кг};$$

$$W_3 = L_k \cdot \rho' \cdot f_3 \cdot \cos \beta, \text{кг};$$

$$W_4 = W_m, \text{кг};$$

$$W_5 = \sum W_{бл}, \text{кг}$$

Коэффициент увеличения тяговой силы на неучтенные сопротивления для угольных штабелей $k'=2,1$, для рудных $k'=2$

Погонный вес порожнякового каната может быть ориентировочно принят по усилию

$$S' = (0,9 \div 0,95) \cdot G, \quad \text{кг/м} \quad (3)$$

Площадки скреперных складов обычно горизонтальны, т.е. $\beta = 0$. В этом случае

$$W_{гр} = (G \cdot f_1 + G_0 \cdot f_2 + \rho \cdot L_k \cdot f_3 + W_m + W_5 \sum W_{бл}) \cdot k, \quad \text{кг};$$

$$W_{пор} = (G_0 \cdot f_2 + \rho' \cdot L_k \cdot f_3 + W_m + \sum W'_{бл}) \cdot k', \quad \text{кг}; \quad (4)$$

По подсчитанным тяговым усилиям определяют разрывающие усилия в канатах и проверяют канат на прочность по следующим формулам:

$$P_{гр} = m \cdot W_{гр}, \text{кг};$$

$$P_{пор} = m \cdot W_{пор}, \text{кг}.$$

Потребная мощность двигателя соответственно для рабочего и холостого скреперов

$$N_{гр} = \frac{W_{гр} \cdot v_{гр}}{102 \cdot \eta_m}, \text{квт} \quad (5)$$

$$N_{пор} = \frac{W_{пор} \cdot v_{гр}}{102 \cdot \eta_m}, \text{квт} \quad (6)$$

Установочная мощность двигателя принимается большей из величин $N_{гр}$ и $N_{пор}$

Пример расчета основных параметров скреперных установок

Пример 1

Определить потребную мощность двигателя скреперной установки на аварийном угольном складе, если $G = 2000 \text{ кг}$, $v_{гр} = 1,5 \text{ м/сек}$, $v_{пор} = 3 \text{ м/сек}$, $L_2 = 2 \cdot 60 = 120 \text{ м}$, $\beta = 0^\circ$

Решение

1. Предварительно принимаем

а) собственный вес скрепера

$$G_0 = 0,5 \cdot G = 0,5 \cdot 2000 = 1000 \text{ кг};$$

б) $W_T = 400 \text{ кг}$;

в) $\sum W_{бл} \approx 0$;

г) погонный вес груженого каната принимаем по усилию

$$S = (1,5 \div 1,6) \cdot G = 1,5 \cdot 2000 = 3000 \text{ кг}$$

В этом случае разрывающее усилие

$$P_{гр} = m \cdot W_{гр} = m \cdot S = 5 \cdot 3000 = 15000 \text{ кг}$$

Принимаем ориентировочно: канат $d_k = 17 \text{ мм}$ и $\rho = 0,97 \text{ кг/мм}^2$ при $K_2 = 140 \text{ кг/мм}^2$ и $P_{разр} = 14900 \text{ кг}$

Погонный вес порожнякового каната принимаем по усилию

$$S' = (0,9 \div 0,95) \cdot G = 0,9 \cdot 2000 = 1800 \text{ кг}.$$

В этом случае разрывающее усилие

$$P_{пор} = m \cdot W_{пор} = m \cdot S' = 5 \cdot 1800 = 9000 \text{ кг}$$

Принимаем ориентировочно канат $d_k = 12,5 \text{ мм}$ и

$$\rho = 0,52 \frac{\text{кг}}{\text{м}} \text{ при } K_2 = 160 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2} \text{ и } P_{разр} = 9170 \text{ кг}$$

д) коэффициенты сопротивления

$$f_1 = 0,6, f_2 = f_3 = 0,5.$$

2. Тяговое усилие при перемещении порожнего скрепера

$$W_{\text{гр}} = (G \cdot f_1 + G_0 \cdot f_2 + \rho \cdot L_k \cdot f_3 + W_m + \sum W_{\text{бл}}) \cdot k = \\ = (2000 \cdot 0,6 + 1000 \cdot 0,5 + 400 + 0) \cdot 1,4 = 3020 \text{ кг};$$

3. Тяговое усилие при перемещении порожнего скрепера

$$W_{\text{пор}} = (G_0 \cdot f_2 + \rho' \cdot L_k \cdot f_3 + W'_m + \sum W'_{\text{бл}}) \cdot k' = \\ = (1000 \cdot 0,5 + 0,52 \cdot 120 \cdot 0,5 + 400 + 0) \cdot 2,1 \\ = 1955 \text{ кг};$$

4. Проверка принятых канатов на прочность

а) Грузовой канат

$$m = \frac{P_{\text{разр}}}{W_{\text{гр}}} = \frac{14\,900}{3020} = 4,93,$$

что допустимо для скреперных канатов.

б) Порожняковый канат

$$m = \frac{P_{\text{разр}}}{W_{\text{пор}}} = \frac{9170}{1955} = 4,68,$$

что допустимо для скреперных канатов.

5. Определение потребной мощности двигателя

$$N_{\text{гр}} = \frac{W_{\text{гр}} \cdot v_{\text{гр}}}{102 \cdot \eta_m} = \frac{3020 \cdot 1,5}{102 \cdot 0,85} = 52,3 \text{ кВт},$$

где $\eta_m = 0,85$ – к.п.д. передаточного механизма лебедки.

По формуле

$$N_{\text{пор}} = \frac{W_{\text{пор}} \cdot v_{\text{пор}}}{102 \cdot \eta_m} = \frac{1955 \cdot 3}{102 \cdot 0,85} = 62,7 \text{ кВт},$$

Таким образом, мощность двигателя принимается $N_{\text{пор}} = 62,7$ кВт.

Ответ: $N = N_{\text{пор}} = 62,7$ кВт.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 23

ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ САМОХОДНЫХ МАШИН

Цель работы: расчет основных параметров самоходных машин подземных разработок.

Краткие теоретические сведения

Тяговый расчет транспортной машины включает: определение силы тяги при движении на предельном уклоне, преодолеваемого машиной, тормозного пути, расхода горючего.

Сила тяги погрузочно-транспортной машины или автосамосвала

$$F = (G + G_0) g (\omega_0 \pm i + \omega_{кр} + 108a) + W_B, \quad (1)$$

где G_0 и G — масса соответственно машины и груза, т; ω_0 — основное удельное сопротивление движению машины, значение которого принимают в зависимости от типа подземной дороги, Н/кН (25 — для дорог с бетонным покрытием; 40 — для щебеночных дорог с битумной пропиткой; 80÷100 — для дорог без покрытия, с зачисткой; 150÷180 — для незащищенной почвы; $\omega_{кр} = (0,05 \div 0,08)$ ω_0 — дополнительное сопротивление движению на криволинейных участках, Н/кН; W_B — дополнительное сопротивление воздуха, учитываемое только при движении машины со скоростью более 20 км/ч, Н/кН; i — удельное сопротивление на уклоне, принимаемое в зависимости от реального уклона, Н/кН; $a = 0,44 \div 0,5$ м/с² — ускорение трогания.

Максимальная сила тяги (Н) по условию сцепления ведущих колес машины с дорогой:

$$F_{\max} = 1000 P_{сц} \psi \quad (2)$$

Сцепной вес $P_{сц}$ (кН) машины при всех ведущих колесах равен общему весу машины, а при двух ведущих колесах, например, в автосамосвале типа МоАЗ,

$$P_{сц} = 0,6 (G + G_0)g. \quad (3)$$

Значения коэффициента сцепления ψ пневмошин с дорогой принимают в зависимости от состояния дорожного покрытия (табл.1).

Таблица 1.

Значение коэффициента ψ сцепления пневмошин с дорогой

| Дороги | Состояние дорожного покрытия | |
|---|------------------------------|-----------------------------|
| | Чистое сухое | Мокрое, слегка загрязненное |
| Бетонные и асфальтовые | 0,7 | 0,45—0,4 |
| Щебеночные укатанные | 0,7—0,75 | |
| Забойные, в крепких породах | 0,6—0,7 | 0,5—0,4 |
| Забойные, в относительно слабых породах | 0,4—0,5 | 0,25—0,4 |
| С основанием из каменной соли | 0,48—0,5 | - |

Максимальная сила тяги (Н) ограничивается по мощности двигателя:

$$F_{\max} = \frac{3600N}{v} \eta_m \eta_k, \quad (4)$$

где N — мощность двигателя машины, кВт; v — скорость автомобиля, км/ч; $\eta_t = 0,72 \div 0,75$ — КПД гидромеханической трансмиссии; $\eta_k = 0,95$ — КПД колеса.

Скорость машины (км/ч) зависит от развиваемого в конкретных условиях тягового усилия:

$$v = \frac{3600N}{F} \eta_m \eta_k, \quad (5)$$

Предельный продольный уклон (‰), преодолеваемый машиной при трогании на подъем,

$$i = \frac{F_{\max}}{(G + G_0)g} - (\omega_0 + 108a), \quad (6)$$

Значения предельного уклона для основного и вспомогательного самоходного транспорта выбирают в соответствии с Общесоюзными нормами технологического проектирования подземного транспорта горно-добывающих предприятий или по номограммам, в зависимости от суммарной рабочей массы m_p , силы тяги F и скорости движения v автосамосвала (рис. 1).

Таблица 2

Продольный уклон i , преодолеваемый основным и
вспомогательным самоходным транспортом

| Наименование и назначение транспортных выработок | i , % | |
|---|------------|-----------------------------------|
| | Нормальный | Максимальный на коротких участках |
| Для транспортирования горной массы по горизонтам | 17 | 70 |
| Главные автотранспортные уклоны для транспортирования горной массы на поверхность: | | |
| для грузового и двухстороннего движения | 105 | 141 |
| для порожнякового движения | 141 | 176 |
| Вспомогательные автотранспортные уклоны: | | |
| для перевозки людей, оборудования и материалов | 141 | 176 |
| для движения машин со всеми ведущими осями | 176 | 213 |
| Вспомогательные заезды на подэтажи для передвижения машин с грузом только своим ходом | 213 | 268 |

Примечание. 1. Максимальный продольный уклон транспортных выработок необходимо проверять по тяговым характеристикам применяемых транспортных машин.

При обводненности наклонных транспортных выработок значение продольного уклона снижается на 25—30%.

Почва выработок, по которым осуществляется движение самоходных вагонеток, должна быть малообводненной. Коэффициент крепости породы почвы по шкале проф. М. М. Протоdjаконова должен составлять не менее 4, а коэффициент сцепления шин с почвой — не менее значений, приведенных в таблице 1.

При слабых почвах необходимы мероприятия по упрочнению дорожного полотна.

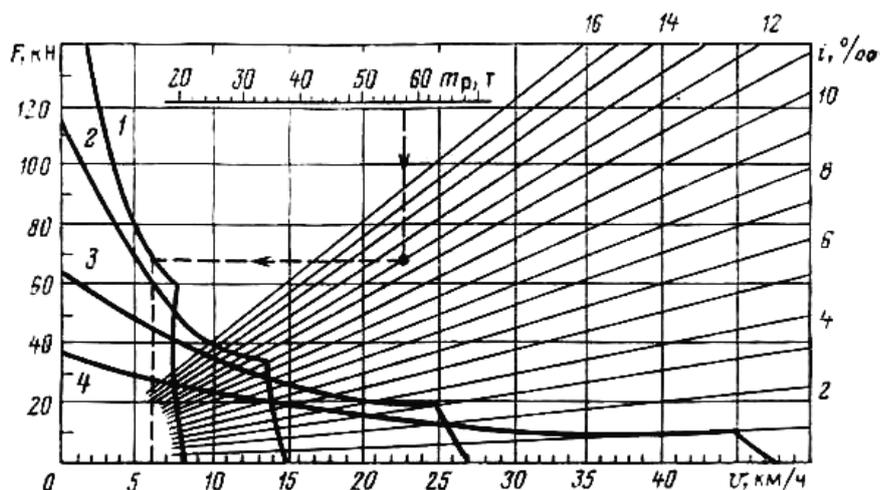


Рис. 1. Номограмма для определения предельного уклона, преодолеваемого при трогании на подъем, в зависимости от силы тяги, суммарной рабочей массы и скорости движения автосамосвалов.

Тормозной путь — расстояние, пройденное машиной от начала торможения до полной остановки, — определяют, исходя из условия, что при торможении кинетическая энергия движущейся машины поглощается работой сил сопротивления на пути торможения, т. е.

$$\frac{(G + G_0)k_{ин}(v_n^2 - v_k^2)}{2 \cdot 3,6^2} = [B_m + (G + G_0)g(\omega_0 \pm i)]L_m, \quad (7)$$

Подставив вместо тормозной силы B_t ее значение по условию сцепления $(G + G_0)g\psi$, определим тормозной путь (м) до полной остановки машины ($v_k = 0$):

$$L_m = \frac{k_{ин}v_n^2}{2 \cdot 3,6^2 g(\psi + \omega_0 \pm i)} = \frac{k_{ин}v_n^2}{254(\psi + \omega_0 \pm i)}, \quad (8)$$

где $k_{ин}$ — коэффициент инерции вращающихся масс для машин с гидромеханической передачей (в режиме движения с грузом $k_{ин} = 1,03 \div 1,01$, в режиме движения порожняком $k_{ин} = 1,085 \div 1,07$); v_n — скорость движения машины в начале торможения, км/ч. Значения ω_0 и i подставляют в формулу (8) не как удельные величины, а соответственно как коэффициент основного сопротивления движению и уклон (превышение в метрах на 1000 м пути).

Полный тормозной путь (м) с учетом времени реакции водителя и действия тормозов $t_p = 0,5 \div 0,6$ с:

$$L_{\text{п}} = L_{\text{т}} + L_{\text{р.в}}$$

где $L_{\text{р.в}}$ — путь, пройденный за время реакции водителя, м:

$$L_{\text{р.в}} = \frac{v_{\text{н}}}{3,6} t_{\text{р}}$$

Таким образом, полная длина тормозного пути (м),

$$L_{\text{н}} = \frac{k_{\text{ин}} v_{\text{н}}^2}{254(\psi + \omega_0 \pm i)} + \frac{v_{\text{н}}}{3,6} t_{\text{р}}, \quad (9)$$

Тормозной путь самоходной машины в подземной выработке на прямолинейном участке не должен превышать 20 м, а на криволинейном участке — видимого расстояния, равного 1,5 радиуса кривой.

Расход горючего для самоходных машин с дизельным приводом определяют по паспортным данным машины на 100 км пробега.

Пример тягового расчета самоходных машин

Пример 1.

Определим скорость установившегося движения груженого автосамосвала типа МоА3-7405-9586 по прямолинейной выработке с уклоном $i = 0,105$ (105‰, что соответствует углу наклона выработки $\beta = 6^\circ$).

Исходные данные: мощность двигателя автосамосвала $N=140$ кВт; паспортная грузоподъемность $G=22$ т; действительная грузоподъемность с учетом коэффициента загрузки $k_3 = 0,9$, $G = 20$ т; масса машины $G_0 = 19,5$ т; ускорение $a = 0$; $\omega_{\text{кр}} = 0$; основное удельное сопротивление по уклону с укатанным щебеночным покрытием $\omega_0 = 40$ Н/кН; сопротивление воздуха не учитывается, т.е. $W_{\text{в}} = 0$.

Сила тяги, развиваемая машиной на уклоне при движении вверх [см. формулу (5.16)],

$$F = 9,81 (20 + 19,5) (40 + 105) = 56\,550 \text{ Н.}$$

Максимальная сила тяги, которую способна развить машина на укатанной, мокрой, слегка грязной дороге при $\psi = 0,4$, определяем по формуле (4) с учетом формулы (5):

$$F_{\text{max}} = 1000 \cdot 0,6 (20 + 19,5) 9,81 \cdot 0,4 = 118\,800 \text{ Н.}$$

Так как $F_{\text{max}} > F$, то машина может перемещаться на данном уклоне. Скорость движения автосамосвала по уклону вверх

$$v = \frac{3600 \cdot 140 \cdot 0,75 \cdot 0,95}{56550} = 6,3 \text{ км/ч}$$

Пример 2.

Определим полную длину тормозного пути автосамосвала при спуске вниз по тому же уклону $i = 0,105$ на скорости $v_H = 15$ км/ч. Коэффициент сцепления колес с дорогой $\psi = 0,4$, коэффициент сопротивления $\omega_0 = 0,04$.

Полная длина тормозного пути

$$L_n = \frac{1,07 \cdot 15^2}{254(0,4 + 0,4 - 0,105)} + \frac{15 \cdot 0,6}{3,7} = 2,82 + 2,5 = 5,32 \text{ м,}$$

что значительно меньше допустимой длины тормозного пути, равной 20 м.

Задачи и упражнения

Определите предельный продольный уклон i (‰), преодолеваемый погрузочно-транспортной машиной ПД-8Б вверх по выработке с щебеночным сухим укатанным покрытием.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 24

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ РАСЧЕТ САМОХОДНЫХ МАШИН

Цель работы: изучение метода расчета основных параметров самоходных машин подземных разработок.

Краткие теоретические сведения

Эксплуатационный расчет погрузочно-транспортных и самоходных транспортных машин сводится к определению их технической и эксплуатационной производительностей, числа транспортных машин, обеспечивающих бесперебойное транспортирование руды из одного или нескольких забоев, а также: к тяговому расчету машин.

Исходными данными для расчета являются: техническая характеристика применяемой машины, сменный грузопоток, продолжительность смены, коэффициент неравномерности работы машины, длина транспортирования, продольный профиль трассы и вид покрытия транспортных выработок.

Эксплуатационная производительность (т/ч) погрузочно-

транспортной машины

$$Q_3 = \frac{3600V k_3 \gamma}{t_{погр} + t_{дв} + t_{раз}}, \quad (1)$$

где V — вместимость грузонесущего органа (кузова или ковша), м³; $t_{погр}$, $t_{дв}$, $t_{раз}$ — время загрузки грузонесущей емкости, движения машины от забоя до пункта разгрузки и обратно, с; k_3 — коэффициент заполнения ковша ($k_3 = 0,74 \div 0,8$).

Время загрузки (с) для машин с грузонесущим ковшом (типа ПД)

$$t_{погр} = t_{ц} \cdot k_{ман} \quad (2)$$

где $\xi = 1,15 \div 1,2$ — коэффициент, учитывающий время, затрачиваемое на разборку негабаритной горной массы в забое; $t_{ц} = 50$ с — время цикла черпания грузонесущим ковшом; $k_{ман} = 1,2$ — коэффициент, учитывающий время, затрачиваемое на маневры машины в забое.

Время загрузки (с) для машин с ковшом и грузонесущим кузовом (типа ПТ)

$$t_{погр} = \xi \frac{V_{куз} t_{ц} k_{з.к}}{V_k k_3} k_{ман}, \quad (3)$$

где $t_{ц}$ — длительность цикла погрузки, с; $V_{куз}$ — вместимость кузова, м³; $k_{з.к}$ — коэффициент загрузки кузова.

Время загрузки машины с грузонесущим ковшом (типа ПД) гораздо меньше времени загрузки машины с грузонесущим кузовом (типа ПТ).

Время движения машины (с)

$$t_{дв} = \frac{L}{k_{с.х}} (v_{гр}^{-1} + v_{пор}^{-1}), \quad (4)$$

где L — длина транспортирования, м; $v_{гр}$, $v_{пор}$ — скорость движения соответственно груженой и порожней машины, м/с; $k_{с.х} = 0,6$ — коэффициент среднеходовой скорости движения.

Время разгрузки машины $t_{раз} = 15 \div 20$ с.

Таким образом, часовая эксплуатационная производительность (т/ч) погрузочно-транспортной машины с грузонесущим ковшом

$$Q_3 = \frac{3600V_k k_3 \gamma}{\xi t_{ц} k_{ман} + \frac{L}{k_{с.х}} (v_{гр}^{-1} + v_{пор}^{-1}) + t_{раз}}, \quad (5)$$

а для машины с ковшом и кузовом (т/ч)

$$Q_3 = \frac{3600V_{\text{куз}} k_{3.к} \gamma}{\xi \frac{V_{\text{куз}} t_{\text{ц}}}{V_{\text{к}}} k_{\text{ман}} + \frac{L}{k_{\text{с.х}}} (v_{\text{сп}}^{-1} + v_{\text{пор}}^{-1}) + t_{\text{раз}}}, \quad (6)$$

Сменная эксплуатационная производительность (т)

$$Q_{\text{см}} = Q_3 * T_{\text{см}} \text{ ки} \quad (5.6)$$

где $T_{\text{см}}$ — длительность смены, ч; $\text{ки} = 0,7 \div 0,8$ — коэффициент внутрисменного использования машины, во время смены учитывающий подготовительно-заключительные операции, заправку машины, перегон к месту работы и другие операции, не связанные с основной работой по погрузке и транспортированию.

Эксплуатационная сменная производительность одной транспортной машины (автосамосвала или самоходного вагона):

$$Q_{\text{см}} = \frac{60T_{\text{см}} V_{\text{куз}} k_3 \gamma k_{\text{и}}}{t_{\text{р}} k_{\text{н}}}, \quad (7)$$

где $k_{\text{н}}$ — коэффициент неравномерности грузопотока (при отсутствии аккумулялирующей емкости $k_{\text{н}} = 1,5$, при наличии — $k_{\text{н}} = 1,25$, при транспортировании горной массы из проходческого забоя $k_{\text{н}} = 2$); $k_{\text{и}} = 0,7 \div 0,8$ — коэффициент использования машины.

Продолжительность (мин) одного рейса транспортной машины

$$t_{\text{р}} = t_{\text{ногр}} + t_{\text{об}} + t_{\text{раз}} + t_{\text{м.з}} + t_{\text{м.п}} + t_{\text{разм}} \quad (8)$$

Время при работе машины в комплексе с ковшовым погрузчиком или экскаватором погрузки (мин)

$$t_{\text{ногр}} = \frac{V_{\text{куз}} k_{3.к} t_{\text{ц}} k_{\text{ман}} \xi}{60V_{\text{к}} k_3}, \quad (9)$$

а в комплексе с погрузочной машиной непрерывного действия -

$$t_{\text{ногр}} = \frac{V_{\text{куз}} k_{3.к} \gamma}{Q_{\text{м}}}, \quad (9a)$$

где $Q_{\text{т}}$ — производительность погрузочной машины непрерывного действия, т/мин.

В рудных шахтах для погрузки горной массы в автосамосвалы применяют погрузочные машины с нагребными лапами типа ПНБ-3Д2 и ПНБ-4Д.

Продолжительность (мин) движения машины в грузовом и порожняковом направлениях

$$t_{\text{об}} = \frac{60L}{k_{\text{с.х}}} (v_{\text{сп}}^{-1} + v_{\text{пор}}^{-1}), \quad (10)$$

Скорость (км/ч) движения в грузовом $v_{\text{гр}}$ и порожняковом $v_{\text{пор}}$ направлениях определяется либо принятием значений согласно

практическим данным, либо по тяговым характеристикам двигателей машин. Коэффициент, учитывающий среднеходовую скорость движения, принимается в зависимости от длины транспортирования: при $L < 0,3$ км $k_{с.х} = 0,6$; при $L > 0,3$ км $k_{с.х} = 0,75$.

Время разгрузки зависит от конструктивного исполнения кузова транспортной машины: для автосамосвалов с опрокидным кузовом $t_{раз} = 0,7$ мин, для самоходных вагонов с донным скребковым конвейером $t_{раз} = 2 \div 3$ мин.

Продолжительность (мин) маневров в забое $t_{м.з.}$ и у мест разгрузки $t_{м.р.}$ зависит от конкретных условий эксплуатации транспортных машин и определяется хронометражными наблюдениями.

При движении нескольких машин в однополосной транспортной выработке продолжительность (мин) ожидания машины на разминовках

$$t_{разм} = n_{разм} t_1, \quad (11)$$

где $n_{разм}$ — число разминок; $t_1 = 2$ мин — продолжительность ожидания на разминке.

Расчетное число рабочих транспортных машин на эксплуатируемом участке

$$n = Q_1 / Q_{см}, \quad (12)$$

где Q_1 — сменная производительность участка, т.

Инвентарное число машин с учетом машин, находящихся в резерве и ремонте,

$$n_{ин} = k_p \sum n, \quad (13)$$

где $\sum n$ — общее число однотипных транспортных машин, работающих на всех участках; k_p — инвентарный коэффициент, учитывающий число машин в резерве и ремонте, принимаемый в зависимости от режима работы транспорта и категорий транспортных выработок. При двухсменном режиме работ $k_p = 1,25 \div 1,3$ при трехсменном — $k_p = 1,4 \div 1,5$ (большие значения принимают для постоянных транспортных выработок с покрытием, меньшие — для временных без покрытия). Полученное по формуле (13) инвентарное число машин округляют до целого значения.

Сменный пробег рабочих машин (км)

$$L_{см} = \frac{Q_1}{Q_{см}} (L_{ср} + L_{нор}) k_x, \quad (14)$$

где $k_x = 1,1 \div 1,25$ — коэффициент, учитывающий холостой пробег машины на заправку, к пунктам обслуживания и т. д.

Пример эксплуатационного расчета самоходных машин

Пример 1.

Определим сменную эксплуатационную производительность погрузочно-транспортной машины ПД-5Б для следующих условий: система подземной разработки полиметаллических руд с подэтажным обрушением с торцовым выпуском; плотность руды в насыпке $\gamma = 2,5$ т/м³.

Исходные данные: длина доставки от забоя до рудоспуска $L = 220$ м; средние скорости движения по квершлагу и штреку — $v_{гр} = 8$ км/ч (2,2 м/с), $v_{пор} = 12$ км/ч (3,3 м/с); вместимость ковша машины $V_k = 2,5$ м³; коэффициент заполнения ковша $k_z = 0,8$; длительность смены $T_{см} = 6$ ч.

Решение.

Часовую производительность погрузочно-транспортной машины определяем по формулам:

время погрузки ковша

$$t_{погр} = t_{ц} \cdot k_{ман} = 1,15 \cdot 50 \cdot 1,2 = 69 \text{ с.}$$

время движения машины

$$t_{ос} = \frac{L}{k_{с.х}} \left(\frac{1}{v_{зр}} + \frac{1}{v_{пор}} \right) = \frac{220}{0,6} \left(\frac{1}{2,2} + \frac{1}{3,3} \right) = 275 \text{ с;}$$

время разгрузки ковша $t_{раз} = 15$ с;

часовая производительность

$$Q_s = \frac{3600 \cdot 2,5 \cdot 0,8 \cdot 2,5}{69 + 275 + 15} = 50 \text{ т/ч}$$

При коэффициенте использования машины $k_{и} = 0,7$ сменная эксплуатационная производительность машины $Q_{см} = 50 \cdot 6 \cdot 0,7 = 210$ т.

Задачи для самостоятельных работ

Задача 1

Определите сменную эксплуатационную производительность погрузочно-транспортной машины с ковшом и кузовом типа ПТ-4 для доставки руды плотностью $\gamma = 2$ т/м³. Длина доставки $L = 80$ м, число смен — 3, длительность смены $T_{см} = 6$ ч.

Задача 2

Определите сменную эксплуатационную производительность автосамосвала МоАЗ-7405-9586, загружаемого погрузочной машиной с нагребными лапами типа ПНБ-3Д2. Плотность транспортируемой руды $\gamma = 2,2$ т/м³, длина доставки по горизонтали $L = 450$ м.

Задача 3

Определите число автосамосвалов, необходимых для работы в тех же условиях для обслуживания одного забоя с заданной сменной производительностью 2700 т.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 25

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДВЕСНОГО КАНАТНОГО ТРАНСПОРТА

Цель работы: изучение метода расчета производительности, тягового усилия и мощности двигателя при откатке бесконечным канатом.

Краткие теоретические сведения

Определение производительности откатки.
Производительность откатки бесконечным канатом может быть определена из формулы (1)

$$Q = 3,6 \cdot q \cdot \vartheta, \text{ т/час} \quad (1)$$

Погонная нагрузка q может быть заменена выражением

$$q = \frac{G}{a}, \text{ кг/м,}$$

где G - вес груза в вагонетке, кг;

a - расстояние между вагонетками.

Таким образом получаем формулу для определения производительности откатки бесконечным канатом

$$Q = 3,6 \cdot \frac{G}{a} \cdot \vartheta, \text{ т/час} \quad (2)$$

Скорость откатки бесконечным канатом принимается в пределах $\vartheta = 0,5 - 1$ м/сек.

Расстояние между вагонетками a не должно быть менее 15 м. Вообще же $a = \vartheta \cdot t$, м, где t - промежуток между временем прицепки вагонеток к канату, сек.

Подставляя значение a в формулу (2), получаем

$$Q = 3,6 \cdot \frac{G}{\vartheta \cdot t} \cdot \vartheta = 3,6 \frac{G}{t}, \text{ т/час} \quad (2a)$$

Минимальный промежуток времени между прицепкой вагонеток к канату составляет $t_1 = 25$ сек. При подачи вагонеток к пункту прицепки самокатом или механическим способом $t_2 = 40$ сек.

Число вагонеток на каждой ветви каната длиной L м определяется по формуле

$$z = \frac{L}{a}, \text{ вагонеткам.} \quad (3)$$

Задача

Определить максимально возможную пропускную способность откатки бесконечным канатом A вагонеток в час.

Решение

Так как минимальный промежуток между временем прицепки вагонеток к канату составляет $t_1 = 25$ сек. (при подаче вагонеток к пункту прицепки самокатом или механическим способом), то максимально возможная пропускная способность откатки составит

$$A_1 = \frac{3600}{t_1} = \frac{3600}{25} = 144 \text{ вагонеток в час.}$$

В остальных случаях при $t_2 = 40$ сек. пропускная способность будет не выше

$$A_2 = \frac{3600}{t_2} = \frac{3600}{40} = 90 \text{ вагонеткам в час.}$$

Ответ при $t_1 = 25$ сек., $A_1 = 144$ вагонеток в час; при $t_2 = 40$ сек., $A_2 = 90$ вагонеток в час.

Задача

Определить производительность откатки бесконечным канатом, если скорость каната $\vartheta = 1$ м/сек. Интервал времени между прицепкой вагонеток 30 сек. Вагонетки однотонные ($G = 1000$ кг).

Решение

Согласно формуле (2a) производительность откатки

$$Q = 3,6 \frac{G}{t} = 3,6 \frac{1000}{30} = 120, \text{ т/час}$$

Проверяем расстояние между вагонетками (как известно $a > 15 \text{ м}$)

$$a = \mathcal{A}t = 1 \cdot 30 = 30 \text{ м},$$

что удовлетворяет требованиям безопасности.

Ответ: $Q = 120 \text{ т/час}$.

Определение тягового усилия и мощности двигателя при откатке бесконечным канатом по горизонтальным выработкам. Для определения тягового усилия на приводном шкиве необходимо знать натяжения каната в характерных точках, например, по рис. 1 в точках 1, 2, 3, 4 (пусть точка 1 соответствует точке сбегаания).

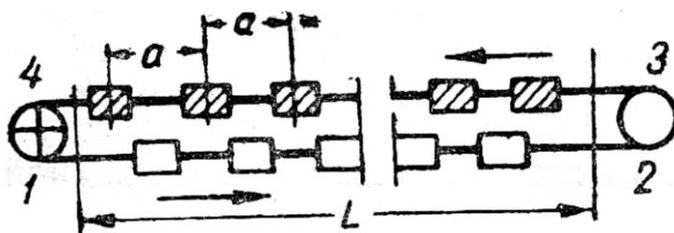


Рис.1. Схема натяжения каната (характерные точки натяжения)

Натяжение в точке 1 S_1 , кг;

Натяжение в точке 2 $S_2 = S_1 + W_{1-2}$, кг;

Натяжение в точке 3 $S_3 = S_2 + W_{2-3}$, кг;

Натяжение в точке 4 $S_4 = S_3 + W_{3-4} = S_1 + W_{1-2} + W_{2-3} + W_{3-4}$, кг.

При условии, что сопротивления на ветвях W_{1-2} , W_{2-3} , W_{3-4} известны, последнее уравнение имеет два неизвестных, для определения которых воспользуемся формулой Эйлера, т.е.

$$S_4 \leq S_1 e^{\mu \alpha}, \text{ кг}$$

Решая последние два уравнения, находим натяжения в характерных точках.

Определив натяжение каната в характерных точках, необходимо проверить минимальное натяжение, которое должно быть более

$$S_{\text{мин}} = 250 \div 300 \text{ кг}.$$

Коэффициент трения каната принимается:

$\mu = 0,12 \div 0,14$ по чугунному ободу;

$\mu = 0,16 \div 0,18$ по ободу, футерованному деревом или кожей.

Значения для $e^{\mu\alpha}$ в зависимости от μ и α даны в таблице 1.

Таблица 1

| Угол обхвата, α | $\mu = 0,12$ | | $\mu = 0,14$ | | $\mu = 0,16$ | | $\mu = 0,18$ | |
|------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| | $e^{\mu\alpha}$ | $e^{\mu\alpha}$ | $e^{\mu\alpha}$ | $e^{\mu\alpha}$ | $e^{\mu\alpha}$ | $e^{\mu\alpha}$ | $e^{\mu\alpha}$ | $e^{\mu\alpha}$ |
| | | $e^{\mu\alpha} - 1$ |
| π | 1,46 | 3,18 | 1,55 | 2,82 | 1,65 | 2,54 | 1,76 | 2,32 |
| $1,25\pi$ | 1,6 | 2,67 | 1,73 | 2,37 | 1,87 | 2,15 | 2,03 | 1,97 |
| $1,5\pi$ | 1,76 | 2,32 | 1,93 | 2,08 | 2,12 | 1,89 | 2,34 | 1,75 |
| $1,75\pi$ | 1,94 | 2,06 | 2,16 | 1,86 | 2,41 | 1,71 | 2,69 | 1,59 |
| $2,0\pi$ | 2,12 | 1,89 | 2,41 | 1,71 | 2,72 | 1,58 | 3,09 | 1,48 |
| $2,25\pi$ | 2,34 | 1,75 | 2,69 | 1,59 | 3,09 | 1,48 | 3,55 | 1,39 |
| $2,5\pi$ | 2,57 | 1,64 | 3,0 | 1,50 | 3,51 | 1,40 | 4,10 | 1,32 |
| $2,75\pi$ | 2,82 | 1,55 | 3,35 | 1,43 | 3,98 | 1,33 | 4,71 | 1,27 |
| $3,0\pi$ | 3,09 | 1,48 | 3,75 | 1,36 | 4,51 | 1,28 | 5,45 | 1,23 |

А) Сопротивления на груженных и порожних ветвях определяются по формулам (4) и (5) в том случае, если канат лежит на вагонетках:

$$W_{zp} = z \cdot [(G + G_0) + p \cdot \alpha] (\omega' - i), \text{ кг} \quad (4)$$

$$W_{nop} = z \cdot (G + p \cdot a) \cdot (\omega' + i), \text{ кг} \quad (5)$$

соответственно при движении груженных вагонеток под уклон, а порожних на подъем.

Если канат движется по поддерживающим роликам, то:

$$W_{zp} = z \cdot (G + G_0) \cdot (\omega' - i) + p \cdot L_k \cdot \omega'_k, \text{ кг} \quad (6)$$

$$W_{nop} = z \cdot G_0 (\omega' + i) + p \cdot L_k \cdot \omega'_k, \text{ кг} \quad (7)$$

Если рельсовые пути имеют криволинейные участки, то W_{zp} и W_{nop} полученные по формулам (6) и (7), увеличивают в k раз (коэффициент k учитывает дополнительные сопротивления, возникающие на закруглениях, а также неучтенные сопротивления, $k \geq 1,1$).

Б) Сопротивления на отклоняющих могут определяться приближенно

$$W_{откл.шк} = (0,03 \div 0,1) \cdot S_{шб}, \text{ кг}. \quad (8)$$

т. е. натяжение в точке сбегания со шкива

$$S_{сб} = (1,03 \div 1,1) \cdot S_{шб}, \text{ кг}.$$

Г) Определив натяжение каната в характерных точках, находят тяговое усилие, которое для рассматриваемого случая (рис. 1).

$$W = S_4 - S_1, \text{ или } W = S_{нб} - S_{сб}, \text{ кг} \quad (9)$$

Д) Мощность двигателя, как известно, определяется по формулам:

$$N = \frac{W \cdot g}{102 \cdot \eta_m}, \text{ кВт}; \quad (10)$$

$$N_{уст} = (1,15 \div 1,2)N, \text{ кВт}. \quad (11)$$

где η_m - к.п.д. передачи лебедки (плюс потери на приводном шкиве).

Задача

Определить тяговое усилие и потребную мощность двигателя лебедки для откатки бесконечным канатом. Скорость откатки принять $g = 0,75$ м/сек. Длина откатки $L = 800$, производительность $Q = 75$ т/час. Вагонетки однетонные ($G = 1000$ кг, $G_0 = 600$ кг), уклон пути $i = 0,004$. Схема откатки согласно рис.1. Угол обхвата на приводном шкиве $\alpha = 360^\circ$, желобки футерованы деревом. Канат полностью лежит на вагонетках.

Решение

1. Определение числа вагонеток на ветви

Из формулы определяем расстояние между вагонетками

$$a = \frac{3,6 \cdot G \cdot g}{Q} = \frac{3,6 \cdot 1000 \cdot 0,75}{75} = 36 \text{ м}$$

По формуле находим число вагонеток на ветви

$$z = \frac{L}{a} = \frac{800}{36} = 22,2 \approx 23 \text{ вагонеткам.}$$

2. Определение $W_{зп}$ и $W_{нор}$

Принимаем $\omega' = 0,01$;

$p = 1$ кг/м, ориентировочно погонный вес каната;

$k = 1,1$ - коэффициент, учитывающий неучтенные сопротивления и сопротивления на криволинейных участках пути.

По формулам

$$W_{зп} = k \cdot z \cdot [(G + G_0) + p \cdot \alpha] (\omega' - i) = 1,1 \cdot 23 \cdot [(1000 + 600) + 1 \cdot 36] \cdot (0,010 - 0,004) \approx 249, \text{ кг}$$

$$W_{нор} = z \cdot (G + p \cdot a) \cdot (\omega' + i) = 1,1 \cdot 23 \cdot (600 + 1 \cdot 36) \cdot (0,010 + 0,004) \approx 225, \text{ кг}$$

3. Определение тягового усилия

Предварительно определяем натяжения каната в характерных точках (см. рис. 1)

$$S_2 = S_1 + W_{nop} = S_1 + 225, \text{ кг};$$

$$S_3 = (1,03 - 1,1) \cdot S_2 = 1,05 \cdot S_2 = 1,05 \cdot (S_1 + 225) = 1,05 \cdot S_1 + 236, \text{ кг};$$

$$S_4 = S_3 + W_{zp} = 1,05 \cdot S_1 + 236 + 249 = 1,05 \cdot S_1 + 485, \text{ кг}.$$

С другой стороны $S_4 \leq S_1 \cdot e^{\mu\alpha}$, кг.

Принимаем $\mu = 0,16$ (так как футеровка желобков деревянная), находим для $\mu = 0,16$ и $\alpha = 360^\circ = 2\pi$ значение для $e^{\mu\alpha} = e^{0,16 \cdot 2\pi} = 2,72$.

Имеем уравнения с двумя неизвестными

$$S_4 = 1, \left[\begin{array}{l} 5 \cdot S_1 + 485 \\ 2 \cdot S_1 \end{array} \right]$$

Решая их, получаем

$$S_1 = 290,5 \approx 291 \text{ кг};$$

$$S_4 = 791 \text{ кг}.$$

Соответственно,

$$S_2 = S_1 + W_{nop} = 291 + 225 = 516, \text{ кг};$$

$$S_3 = S_4 - W_{zp} = 791 - 236 = 555, \text{ кг}.$$

Тяговое усилие

$$W = S_4 - S_1 = 791 - 291 = 500 \text{ кг}.$$

4. Выбор каната

Согласно формуле

$$p = \frac{S_{\text{макс}} \cdot m \cdot \gamma_0}{K_z} = \frac{S_4 \cdot m \cdot \gamma_0}{K_z} = \frac{791 \cdot 6,5 \cdot 10^4}{130 \cdot 10^6} = 0,396 \text{ кг/м}.$$

Так как при прицепном устройстве типа «барабанчик» минимальный $d_k = 15$ мм, то находим $d_k = 15$ мм и $p = 0,76$ кг/м.

Прочность каната будет значительно выше необходимой.

5. Проверка натяжения каната на провисание.

Так как канат по условию полностью лежит на вагонетках, то проверим канат на провисание. Проверку ведем для самого неблагоприятного случая, т. е определяем провисание каната в районе точки 1-в месте с наименьшим натяжением каната.

Стрела провисания

$$f_{\text{макс}} = \frac{p \cdot a^2}{8 \cdot S_{\text{мин}}} = \frac{p \cdot a^2}{8 \cdot S_1} = \frac{0,76 \cdot 36^2}{8 \cdot 291} = 0,423 \text{ м}.$$

6. Мощность двигателя

$$N = \frac{W \cdot g}{102 \cdot \eta_m} = \frac{500 \cdot 0,75}{102 \cdot 0,75} = 4,9 \text{ кВт},$$

где $\eta_m = 0,75$ к.п.д. передаточного механизма лебедки совместно с потерями в приводном и противостоящем шкивах.

$$N_{уст} = 1,2 \cdot N = 1,2 \cdot 4,9 = 5,88 \approx 6 \text{ кВт}$$

Ответ: $W = 500 \text{ кг}$, $N_{уст} = 6 \text{ кВт}$.

Задача для самостоятельной работы студентов

Задача 1

Определить производительность откатки бесконечным канатом, если скорость каната $v = 1$ м/сек. Интервал времени между прицепками вагонеток 25 сек. Вагонетки однотонные ($G = 1200 \text{ кг}$).

Задача 2

Определить тяговое усилие и потребную мощность двигателя лебедки для откатки бесконечным канатом. Скорость откатки принять $v = 1$ м/сек. Длина откатки $L = 1200$, производительность $Q = 100 \text{ т/час}$. Вагонетки однотонные ($G = 1200 \text{ кг}$, $G_0 = 600 \text{ кг}$), уклон пути $i = 0,005$. Схема откатки согласно рис.1. Угол обхвата на приводном шкиве $\alpha = 360^\circ$, желобки футерованы деревом. Канат полностью лежит на вагонетках.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1 РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ УСТРОЙСТВ..... | 3 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК.... | 10 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК..... | 14 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА..... | 17 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА СОСТАВА И СИЛЫ ТЯГИ ЭЛЕКТРОВОЗА | 21 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6 ПРОВЕРКА СОСТАВА ПО ДЛИНЕ ТОРМОЗНОГО ПУТИ..... | 25 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7 ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РЕЙСА ПОЕЗДА..... | 28 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8 ПРОВЕРКА ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА НАГРЕВ | 33 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОВОЗА И КОЛИЧЕСТВА ЭЛЕКТРОВОЗОВ..... | 36 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10 РАСЧЕТ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ..... | 38 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11 РАСЧЕТ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ. (Продолжение практического занятия № 10).. | 42 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 12 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ДИНАМИЧЕСКОГО ФАКТОРА, СКОРОСТИ, СИЛЫ ТЯГИ И ТОРМОЗНОЙ СИЛЫ АВТОСАМОСВАЛА..... | 44 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 13 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ДИНАМИЧЕСКОГО ФАКТОРА, СКОРОСТИ, СИЛЫ ТЯГИ ТОРМОЗНОЙ СИЛЫ АВТОСАМОСВАЛА (Продолжение практического занятия № 12) | 48 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 14 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ | 49 |

| | |
|---|----|
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 15 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ РАСЧЕТ КАРЬЕРНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА..... | 51 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 16 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА | 55 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 17 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ | 61 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 18 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ЛЕНТЫ КОНВЕЙЕРОВ | 65 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 19 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ ЛЕНТЫ И МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ | 70 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 20 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ ЛЕНТЫ И МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ (Продолжение практического занятия №19) | 76 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 21 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СКРЕПЕРНЫХ УСТАНОВОК | 78 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 22 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ СКРЕПЕРНОЙ УСТАНОВКИ | 81 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 23 ТЯГОВЫЙ РАСЧЕТ САМОХОДНЫХ МАШИН | 85 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 24 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ РАСЧЕТ САМОХОДНЫХ МАШИН | 90 |
| ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 25 РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДВЕСНОГО КАНАТНОГО ТРАНСПОРТА..... | 95 |

Редактор:

Покачалова Н.С.