Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XXXIV, вып. 1, 1957 г.

ВЕЛИЧИНА СОСТАВА ПОЕЗДА ПРИ ТРАНСПОРТЕ КОНТАКТНЫМИ ЭЛЕКТРОВОЗАМИ ПО ГЛАВНЫМ ОТКАТОЧНЫМ ВЫРАБОТКАМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

А. М. Факторович

В практике проектирования и эксплуатации рудничной электровозной тяги весьма важное значение имеет правильное решение вопроса выбора величины состава поезда. В современной производственной практике решение этого вопроса сводится по существу к выбору сцепного веса электровоза. Действительно, несмотря на то, что теоретически оптимальная величина состава может изменяться в широких пределах с интервалом, равным одной вагонетке, сцепной вес электровоза принимается не потребный по расчету для этого состава, а ближайший к расчетному по стандарту. Окончательная же величина состава обычно принимается из условия максимального веса состава для выбранного типоразмера электровоза. Так как стандартных величин сцепного веса откаточных электровозов имеется всего три, [1] один и тот же сцепной вес электровоза неизбежно принимается для весьма широкого диапазона оптимальных величин составов.

Таким образом, определение оптимальной величины состава имеет только предварительный характер, окончательная же величина состава определяется по выбранному типоразмеру электровоза и часто отличается от оптимальной. Поэтому следует считать, что наиболее рациональным способом решения исследуемого вопроса является разработка методики выбора оптимального сцепного веса электровоза.

В рассматриваемом случае оптимальным сцепным весом электровоза следует считать такой, при котором основные технико-экономические показатели процесса транспортирования будут наилучшими. К таким показателям могут быть отнесены: 1) показатель степени надежности работ; 2) показатель производительности труда и 3) показатель стоимости транспортирования.

Исследуем влияние сцепного веса электровоза на основные технико-экономические показатели транспортирования.

1. Показатель степени надежности работ

С изменением сцепного веса электровоза, при прочих равных условиях, изменяется число работающих электровозов.

[1] Электровоз сцепным весом 20 *т*, предусмотренный ГОСТом 5048—55, пока не изготавливается.

Соотношение между величинами максимального и минимального сцепных весов рудничных откаточных электровозов составляет 2 1. Примерно в пределах этого же соотношения, в зависимости от величины сцепного веса электровоза, возможны варианты чисел работающих электровозов. При выборе варианта в целях надежности работ, как показывает практика эксплуатации, желательно иметь: а) не менее двух работающих электровозов в шахте; б) не более трех работающих электровозов на однопутевой выработке; в) такое количество работающих электровозов, при котором интервал во времени между прибытиями электровозов в околоствольный двор будет больше, чем это допустимо по условиям пропускной способности околоствольного двора.

2. Показатель производительности труда

Этот показатель является одним из решающих в условиях социалистической системы народного хозяйства.

На показатель производительности труда в резкой степени влияет выбранная величина сцепного веса электровоза. Действительно, с уменьшением величины сцепного веса электровоза при прочих равных условиях увеличивается потребное число электровозов и соответственно количество рабочей силы по их обслуживанию.

Таким образом, исходя из условия достижения лучших показателей по производительности труда, целесообразно применение электровозов по возможности большого сцепного веса.

3. Показатель стоимости транспортирования

Показатель стоимости транспортирования включает расходы, зависящие и не зависящие от величины сцепного веса электровоза.

При рассмотрении вариантов транспорта электровозами различных сцепных весов целесообразно учитывать только сравнительные показатели стоимости, т. е. такие, которые включают лишь расходы, зависящие от величины сцепного веса электровоза. Расходы, не зависящие от величины сцепного веса электровоза, для простоты расчетов целесообразно не учитывать, так как они войдут постоянными величинами во все варианты.

К основным элементам показателя стоимости транспортирования, зависящим от величины сцепного веса электровоза, следует отнести расходы: а) по амортизации и ремонту электровозов; б) по рабочей силе поездной бригады; в) по амортизации и ремонту вагонного парка; г) по оборудованию и эксплуатации преобразовательной подстанции и тяговых сетей; д) на энергию; е) по устройству и содержанию путей на откаточных выработках, погрузочных и обменных пунктах и в околоствольном дворе.

Расходы по амортизации и ремонту электровозов. Эти расходы, как показывают подсчеты, могут быть приняты пропорциональными сцепному весу электровозов. При этом потребный суммарный сцепной вес рабочих электровозов можно считать примерно постоянным и не зависящим от выбранной величины сцепного веса (типоразмера) электровоза.

Действительно, производительность электровоза может быть выражена уточненной формулой

$$Q = \frac{3600 G_c}{k_м (L - l_п)\left(\frac{1}{v_г} + \frac{1}{v_п}\right) + t_0 + z_c l_1 t_1} \; т/час, \qquad (1)$$

где G_c — полезный вес состава, *т*;
L — расстояние транспортирования, *м*;
$l_п$ — длина маневровых путей в пунктах прибытия и отправления составов, *м*;
$k_м$ — множитель скорости;
$v_г$, $v_п$ — максимальная скорость движения состава соответственно грузового и порожнякового, *м/сек*;
t_0 — время маневров за один рейс, независимо от числа вагонеток в составе, *сек*;
z_c — число вагонеток в составе;
l_1 — длина вагонетки, *м*;
t_1 — время маневров за один рейс на 1 *м* длины состава, *сек/м*.

Как видно из формулы (1), производительность электровоза с достаточной для данного случая степенью точности может быть принята пропорциональной полезному весу состава. Полезный же вес состава можно считать пропорциональным сцепному весу электровоза. Следовательно, производительность электровоза пропорциональна сцепному весу электровоза. Поэтому потребный суммарный сцепной вес рабочих электровозов можно считать примерно постоянной величиной, не зависящей от выбранной величины сцепного веса электровоза.

Таким образом, с достаточной степенью точности можно принять что расходы по амортизации и ремонту рабочего парка электровозов являются для данных условий постоянной величиной, не зависящей от выбранного типоразмера электровоза.

Расходы по амортизации и ремонту резервного парка электровозов с допустимой погрешностью для рассматриваемого случая также можно считать не зависящими от выбранной величины сцепного веса электровоза, так как коэффициент резерва, согласно действующим нормативам, зависит от числа рабочих электровозов.

Следовательно, расходы по амортизации и ремонту всего инвентарного количества электровозов при сравнении вариантов транспорта электровозами с различными сцепными весами можно не учитывать, так как эти расходы мало зависят от выбранной величины сцепного веса электровоза.

Расходы по рабочей силе поездной бригады. К этому виду расходов относятся расходы по заработной плате машиниста электровоза и его помощника, все виды дополнительной зарплаты и начисления на зарплату.

Эти расходы в смену на один работающий электровоз могут быть выражены в общем виде следующим образом

$$C_з' = (e_м + e_п)\, k_н = k_п e_м k_н, \qquad (2)$$

где $e_м$, $e_п$ — основная зарплата в смену соответственно машиниста и помощника машиниста электровоза;
$k_н$ — коэффициент, учитывающий все виды дополнительной зарплаты и начислений на основную зарплату;
$k_п$ — коэффициент, учитывающий зарплату помощника машиниста в смену.

Расходы по амортизации и ремонту вагонного парка. Эти расходы при прочих равных условиях прямо пропорциональны инвентарному количеству вагонеток. Однако значительная часть инвентарного парка вагонеток, а именно, то количество вагонеток, которое сцеплено с электровозами, будет одинаково при различных вариантах, и для простоты расчетов расходы, связанные с этими вагонетками, целесообразно не учи-

тывать. Действительно, общее количество вагонеток, сцепленных с электровозами, пропорционально суммарному сцепному весу рабочих электровозов, который, как указано выше, почти не зависит от типоразмера электровоза. Следовательно, число вагонеток, сцепленных с электровозами, можно считать также не зависящим от типоразмера электровоза.

Расходы по амортизации и ремонту вагонного парка, зависящие от типоразмера электровоза

$$C_в = \frac{z_c}{n_{см}} (n_1 n_п + n_0) k_з'' e_в \left(\frac{1}{a_в} + r_в \right), \qquad (3)$$

где n_1 — число составов на погрузочном или обменном пункте;
$n_п$ — число погрузочных или обменных пунктов;
n_0 — число составов в околоствольном дворе;
$k_з''$ — коэффициент, учитывающий резервное количество вагонеток;
$e_в$ — полная стоимость одной вагонетки;
$a_в$ — срок амортизации вагонеток;
$n_{см}$ — число рабочих смен в году;
$r_в$ — коэффициент, учитывающий стоимость всех видов ремонта вагонеток.

Число вагонеток в составе может быть выражено с достаточной степенью точности

$$z_c = \frac{k_у P}{G_в}, \qquad (4)$$

где $k_у$ — величина полезного груза, приходящегося на 1 *т* сцепного веса электровоза;
P — сцепной вес электровоза, *т*;
$G_в$ — полезный вес вагона, *т*.

Формула (3) может быть упрощена подстановкой в нее значения z_c из формулы (4) и постоянных или близких им средних значений величин:

$$n_{см} = 600; \quad n_1 = 2; \quad n_0 = 3; \quad k_з'' = 1{,}15; \quad a_в = 5; \quad r_в = 0{,}1.$$

После соответствующих преобразований формула (3) будет иметь вид

$$C_в = \frac{11 \cdot 10^{-4} P k_у e_в}{G_в} (n_п + 1{,}5). \qquad (5)$$

Расходы, связанные с оборудованием и эксплуатацией тяговой подстанции и тяговых сетей. Эти расходы можно считать пропорциональными мощности тяговой подстанции. Мощность тяговой подстанции может быть принята пропорциональной суммарной мощности тяговых двигателей рабочих электровозов. Суммарная же мощность двигателей при различных вариантах будет мало изменяться, так как суммарный сцепной вес рабочих электровозов можно считать постоянной величиной, а удельная мощность двигателей стандартных электровозов отличается от средней величины всего на 10%.

Таким образом, можно с достаточной степенью точности считать, что расходы, связанные с оборудованием и эксплуатацией тяговой подстанции, не зависят от выбранного сцепного веса электровозов и поэтому могут не учитываться при сравнении вариантов.

Это положение в равной степени может быть распространено и на тяговые сети при их одинаковой длине, как это имеет место при сравнении вариантов.

Расходы на энергию. Эти расходы можно не учитывать, так как они не превышают 10% от общих расходов на транспорт и так как суммарный перемещаемый груз остается примерно постоянным, и разница в расходе энергии для сравниваемых вариантов незначительна.

Расходы, связанные с устройством и содержанием путей на откаточных выработках, погрузочных и обменных пунктах и в околоствольном дворе. Ширина стандартных типоразмеров откаточных электровозов для одной и той же ширины колеи одинакова. Ширина же колеи определяется выбранной емкостью вагонетки, которая в большинстве случаев не зависит от типоразмера электровоза. В связи с этим сечение откаточных выработок на перегонах, а следовательно, стоимость их проходки и поддержания в большинстве случаев одинакова для всех вариантов типоразмеров электровозов и поэтому она не должна учитываться в сравнительных подсчетах. Когда же при одном варианте транспорта требуется однопутевая выработка, а при другом двухпутевая, сравнение их по показателю стоимости излишне, так как вопрос решается совершенно определенно в пользу варианта, требующего однопутевой выработки.

Действительно, вариант транспорта с однопутевой выработкой всегда более экономичен, чем вариант двухпутевой выработки, так как при однопутевой выработке сокращаются наиболее существенные статьи расходов: по проходке и поддержанию откаточных выработок и по рабочей силе.

Однако с изменением типоразмера электровоза, при прочих равных условиях, изменяется длина состава и соответственно длина разъездов, а также длина откаточных выработок погрузочных и обменных пунктов и околоствольного двора. Расходы, связанные с проходкой и поддержанием выработок разъездов, погрузочных и обменных пунктов и околоствольного двора, пропорциональны длине выработок. Длина выработок зависит от величины состава, которую можно считать пропорциональной сцепному весу электровоза.

Расходы, связанные с устройством и содержанием разъездов

$$C_{\text{р}} = \frac{z_{\text{с}} l_1}{n_{\text{см}}} \left(\frac{m_1 n_{\text{р}} e_{\text{р}}}{a_{\text{р}}} + \frac{m_1 n_{\text{р}} r_{\text{р}} t_{\text{р}}}{a_{\text{р}}} \right) = \frac{P k_{\text{у}} l_1 m_1 n_{\text{р}}}{G_{\text{в}} n_{\text{см}} a_{\text{р}}} (e_{\text{р}} + r_{\text{р}} t_{\text{р}}), \qquad (6)$$

где m_1 — отношение длины выработки разъезда к длине состава;

$n_{\text{р}}$ — число разъездов;

$e_{\text{р}}$ — полная стоимость проходки, включая и устройство путей 1 *пог. м* разъезда;

$a_{\text{р}}$ — срок амортизации разъезда;

$r_{\text{р}}$ — полная стоимость поддержания в год 1 *пог. м* разъезда;

$t_{\text{р}}$ — срок существования разъезда.

Подставив в формулу (6) значение величины $n_{\text{см}} = 600$, получим

$$C_{\text{р}} = \frac{P k_{\text{у}} l_1 m_1 n_{\text{р}}}{600 G_{\text{в}} a_{\text{р}}} (e_{\text{р}} + r_{\text{р}} t_{\text{р}}). \qquad (7)$$

Расходы по проходке и поддержанию выработок погрузочных или обменных пунктов и околоствольного двора

$$C_0 = \frac{z_c l_1}{n_{см}} \left(\frac{m_2 \lambda_п n_п e_п}{a_п} + \frac{m_2 \lambda_п n_р r_п t_п}{a_п} + \frac{m_0 \lambda_0 e_0}{a_0} + m_0 r_0 \right) =$$

$$= \frac{P k_у l_1}{G_в n_{см}} \left[\frac{m_2 \lambda_п n_п}{a_п} (e_п + r_п t_п) + m_0 \lambda_0 \left(\frac{e_0}{a_0} + r_0 \right) \right], \quad (8)$$

где m_2, m_0 — отношения длин выработок соответственно погрузочного или обменного пунктов и околоствольного двора к длине состава;

$e_п$, e_0 — полная стоимость проходки, включая и устройство путей 1 *пог. м* выработки соответственно погрузочного или обменного пунктов и околоствольного двора;

$a_п$, a_0 — срок амортизации выработок соответственно погрузочного или обменного пунктов и околоствольного двора;

$r_п$, r_0 — полная стоимость поддержания в год 1 *пог. м* выработки соответственно погрузочного или обменного пунктов и околоствольного двора;

$\lambda_п$, λ_0 — коэффициенты, учитывающие длины сравниваемых частей выработки соответственно погрузочного или обменного пунктов и околоствольного двора;

$t_п$ — срок существования погрузочного пункта.

Подставим в формулу (8) средние значения величин: $n_{см} = 600$; $m_2 = 4$; $m_0 = 4{,}5$. После подстановки и соответствующих преобразований формула (8) будет иметь вид

$$C_0 = \frac{P k_у l_1}{150 G_в} \left[\frac{n_п \lambda_п}{a_п} (e_п + r_п t_п) + 1{,}1 \lambda_0 \left(\frac{e_0}{a_0} + r_0 \right) \right]. \quad (9)$$

Таким образом, в результате приведенного анализа можно сделать вывод, что при сравнении вариантов по показателям стоимости транспортирования должны быть включены в расчет только расходы по рабочей силе поездной бригады, расходы по амортизации и ремонту вагонного парка и расходы, связанные с устройством и содержанием путей на разъездах, погрузочных и обменных пунктах и в околоствольном дворе.

Все остальные расходы при сравнительных подсчетах могут не учитываться, так как они мало зависят от типоразмера электровоза и войдут в эти подсчеты практически постоянными величинами.

Для упрощения способа подсчета показателя стоимости транспортирования необходимо выразить расходы сравниваемых вариантов в функции условного эталона расходов, в качестве которого целесообразно принять сравниваемые расходы в смену на один электровоз сцепным весом P *т*. В этом случае расходы при других вариантах могут быть выражены в функции расходов на электровоз сцепным весом P *т* при помощи определенных коэффициентов пропорциональности.

Когда расходы при варианте транспорта электровозами сцепным весом P *т* менее аналогичных расходов при другом варианте, например, электровозами сцепным весом $P + n$ *т*, имеет место следующее условие

$$z_P C_з' + C_в' + C_р' + C_0' < z_{P+n} C_з' + C_в'' + C_р'' + C_0'', \quad (10)$$

где z_P, z_{P+n} — среднее число электровозов соответственно со сцепными весами P и $P + n$ *т*;

$C_в'$, $C_в''$ — расходы в смену на амортизацию и ремонт вагонеток для вариантов транспорта электровозами соответственно сцепными весами P и $P+n\,m$;

$C_р'$, $C_р''$ — расходы в смену, связанные с устройством и содержанием путей на разъездах при вариантах транспорта электровозами соответственно сцепными весами P и $P+n\,m$;

C_0', C_0'' — расходы в смену, связанные с устройством и содержанием путей на погрузочных и обменных пунктах и в околоствольном дворе при вариантах транспорта электровозами соответственно сцепными весами P и $P+n\,m$;

Расходы $C_в''$, $C_р''$ и C_0'' могут быть выражены следующим образом:

$$C_в'' = k_в C_в'; \tag{11}$$

$$C_р'' = k_р C_р'; \tag{12}$$

$$C_0'' = k_0 C_0', \tag{13}$$

где $k_в$, $k_р$, k_0 — отношения расходов соответственно на вагонеточный парк, проходку и поддержание выработок разъездов, погрузочных, или обменных пунктов и околоствольного двора при варианте транспорта электровозами сцепным весом $P+n\,m$ к тем же расходам при варианте транспорта электровозами сцепным весом $P\,m$.

Подставив в выражение (10) значения величин $C_в''$, $C_р''$ и C_0'', согласно формулам (11), (12) и (13), после элементарных преобразований получим

$$z_P - z_{P+n} < \frac{[C_в'(k_в - 1) + C_р'(k_р - 1) + C_0'(k_0 - 1)]}{C_э'}. \tag{14}$$

Для простоты расчетов выражение (14) целесообразно упростить подстановкой в него постоянных величин или близких им средних значений. Для этого исследуем значения величин, входящих в формулу (14).

1. Значения величин z_P и z_{P+n} могут быть найдены для каждого конкретного случая по графикам рис. 1, 2, и 3, построенным нами на основании формулы (1) общепринятым методом. При построении графиков производительность электровозов определена для случая применения толкателей на погрузочных пунктах.

2. Значения величин $C_э'$, $C_в'$, $C_р'$ и C_0' могут быть определены по формулам (2), (5), (7) и (9).

3. Значение величины $k_в$ может быть определено из следующих соображений. Согласно формуле (11)

$$k_в = \frac{C_в''}{C_в'}. \tag{15}$$

Подставив в выражение (15) значения величин $C_в'$ и $C_в''$, согласно формуле (5), и имея в виду, что коэффициент $k_у$ может быть принят постоянной величиной для одной и той же емкости вагонетки, получим

$$k_в = \frac{P+n}{P}. \tag{16}$$

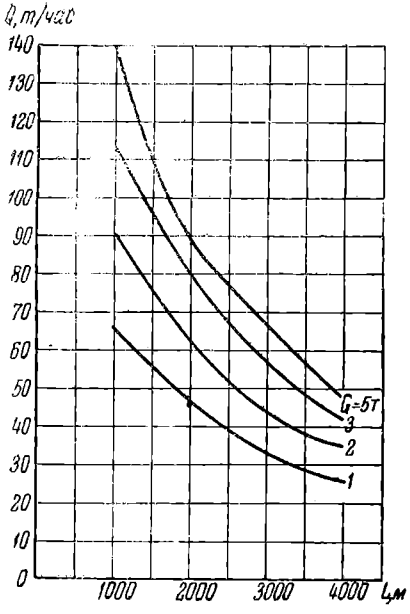


Рис. 1. Производительность электровоза типа 7КР при откатке по главным откаточным выработкам. G — полезный вес вагонетки. Уклон путей принят равным $3^0/_{00}$

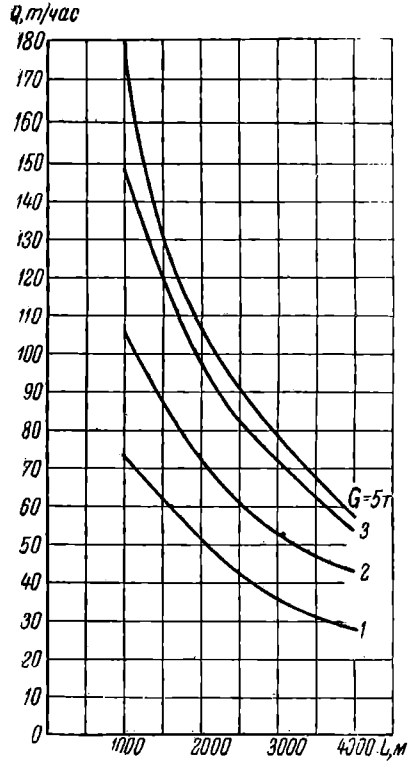


Рис. 2. Производительность электровоза типа 10КР при откатке по главным откаточным выработкам

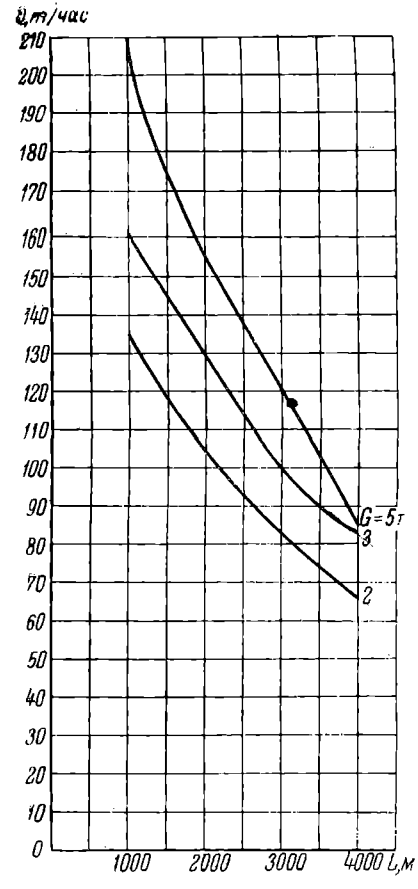


Рис. 3. Производительность электровоза типа 14КР при откатке по главным откаточным выработкам

На основании формулы (16) величина $k_в$ для вариантов транспорта электровозами сцепными весами 7 и 10, 10 и 14, 7 и 14 m соответственно будет: $k_в' = 1{,}4$; $k_в'' = 1{,}4$; $k_в''' = 2$.

4. Значение величины $k_р$ может быть определено аналогичным способом на основании формул (7) и (12)

$$k_р = \frac{C_р''}{C_р'} = \frac{(P+n)\,n_р''}{P n_р'} \qquad (17$$

где $n_р'$, $n_р''$ — число разъездов для вариантов транспорта электровозами соответственно сцепными весами P и $P+n$ m.

Величина $k_р$ для вариантов транспорта электровозами сцепными весами 7 и 10, 10 и 14, 7 и 14 m соответственно

$$k_р' = 1{,}4\frac{n_р''}{n_р'}; \quad k_р'' = 1{,}4\frac{n_р''}{n_р'} \quad \text{и} \quad k_р''' = 2\frac{n_р''}{n_р'}$$

5. Значение величины k_0 на основании формул (9) и (13)

$$k_0 = \frac{C_0''}{C_0'} = \frac{P+n}{P}. \qquad (18)$$

Для рассматриваемых вариантов $k_0' = 1{,}4$, $k_0'' = 1{,}4$ и $k_0''' = 2$.

Подставим в формулу (14) полученные значения величин. Тогда формулы для сравниваемых вариантов транспорта электровозами сцепными весами 7 и 10 m; 10 и 14 m; 7 и 14 m будут иметь соответственно следующий вид

$$z_7 - z_{10} < \frac{0{,}4\,(C_в' + C_0') + \left(\frac{1{,}4n_р''}{n_р'} - 1\right)C_р'}{C_э'}; \qquad (19)$$

$$z_{10} - z_{14} < \frac{0{,}4\,(C_в'' + C_0'') + \left(\frac{1{,}4n_р''}{n_р'} - 1\right)C_р''}{C_э'} \qquad (20)$$

$$z_7 - z_{14} < \frac{C_в' + C_0' + \left(\frac{2n_р''}{n_р} - 1\right)C_р'}{C_э'}. \qquad (21)$$

При помощи уравнений (19), (20) и (21) можно достаточно просто решить вопрос о наиболее экономичном варианте типоразмере электровоза. Если левая часть выражений (19), (20) и (21) соответственно меньше правой, то экономичнее вариант транспорта электровозами с меньшим сцепным весом, в противном случае — электровозами с большим сцепным весом. Окончательный выбор типоразмера электровоза должен производиться с учетом других основных показателей.

Пример расчета.

1. Задано:

$$Q = 150\ т/час.; \quad L_{max} = 2000\ м; \quad L_{min} = 500\ м;$$

$$G_в = 1\ т; \quad k_у = 4{,}5; \quad k_п = 1{,}7; \quad e_м = 30\ \text{руб/смена};$$

$$k_и = 1{,}8; \quad e_в = 850\ руб/м; \quad l_1 = 2{,}3\ м; \quad m_1 = 1{,}3;$$

$$e_р = 1000\ руб/м; \quad a_р = 5\ \text{лет}; \quad r_р = 60\ руб/м; \quad t_р = 2{,}5\ \text{года};$$

$$\lambda_п = 0; \quad \lambda_0 = 0{,}7; \quad e_0 = 1200\ руб/м; \quad a_0 = 5\ \text{лет}; \quad r_0 = 80\ руб/м.$$

Необходимо решить вопрос о наиболее экономичном типоразмере электровоза.

В связи с тем, что вагонетка принята грузоподъемностью 1 *т*, сравнению подлежат электровозы сцепными весами 7 и 10 *т*.

На основании рис. 1 и 2 определяем потребное число рабочих электровозов.

Максимальное: $z_7 = 4$, $z_{10} = 3$; минимальное: $z_7 = 3$, $z_{10} = 2$; среднее: $z_7 = 3{,}5$, $z_{10} = 2{,}5$. При двукрылой работе предусматривается число разъездов $n_р' = 2$, $n_р'' = 2$.

Расходы по рабочей силе поездной бригады на один электровоз [по формуле (2)]

$$C_з' = 1{,}7 \cdot 30 \cdot 1{,}8 = 92 \text{ руб/смена}.$$

Расходы по амортизации и ремонту вагонного парка [по формуле (5)]

$$C_в' = \frac{11 \cdot 10^{-4} \cdot 7 \cdot 4{,}5 \cdot 850}{1} (2 + 1{,}5) = 105 \text{ руб/смена}.$$

Расходы, связанные с устройством и содержанием разъездов [по формуле (7)]

$$C_р' = \frac{7 \cdot 4{,}5 \cdot 2{,}3 \cdot 1{,}3 \cdot 2}{600 \cdot 1 \cdot 5} (1000 + 60 \cdot 2{,}5) = 73 \text{ руб/смена}.$$

Расходы по проходке и поддержанию выработок околоствольного двора [по формуле (9)]

$$C_0' = \frac{7 \cdot 4{,}5 \cdot 2{,}3}{150 \cdot 1} 1{,}1 \cdot 0{,}7 \left(\frac{1200}{5} + 80\right) = 120 \text{ руб/смена}.$$

Численные значения левой и правой частей выражения (19)

$$3{,}5 - 2{,}5 < \frac{0{,}4\,(105 + 120) + (1{,}4 - 1)\,73}{92} = 1{,}3.$$

Так как левая часть выражения меньше правой, вариант транспорта 7-тонными электровозами более экономичен, чем 10-тонными.

2. Задано:

$$Q = 400 \text{ } т/час; \quad L_{max} = 3000 \text{ } м; \quad L_{min} = 800 \text{ } м;$$

$$G_в = 3 \text{ } т; \quad k_у = 5; \quad e_в = 2400 \text{ руб.}; \quad l_1 = 3{,}7 \text{ } м;$$

$$n_р = 0; \quad n_п = 2; \quad \lambda_п = 0; \quad \lambda_0 = 0{,}5; \quad e_0 = 2000 \text{ } руб/м;$$

$r_0 = 50$ *руб/м*; $a_0 = 20$ лет; откаточные выработки двухпутевые; все остальные данные по предыдущему.

Необходимо решить вопрос о наиболее экономичном типоразмере электровоза.

Произведем вначале сравнение вариантов 10 и 14-тонными электровозами.

На основании рис. 2 и 3 определяем потребное число рабочих электровозов.

Максимальное: $z_{10} = 6$, $z_{14} = 4$; минимальное: $z_{10} = 3$, $z_{14} = 3$; среднее: $z_{10} = 4{,}5$, $z_{14} = 3{,}5$.

Расходы по рабочей силе поездной бригады [по формуле (2)]

$$C_з'' = 1{,}7 \cdot 30 \cdot 1{,}8 = 92 \text{ руб смена.}$$

Расходы по амортизации и ремонту вагонного парка [по формуле (5)]

$$C_в'' = \frac{11 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \cdot 5 \cdot 2400}{3} (2 + 1{,}5) = 155 \text{ руб/смена.}$$

Расходы по проходке и поддержанию откаточных выработок околоствольного двора [по формуле (9)]

$$C_0'' = \frac{10 \cdot 5 \cdot 3{,}7}{150 \cdot 3} + 1{,}1 \cdot 0{,}5 \left(\frac{2000}{120} + 50 \right) = 35 \text{ руб/смена.}$$

Численное значение левой и правой частей выражения (20)

$$4{,}5 - 3{,}5 > \frac{0{,}4(155 + 35)}{92} = 0{,}83.$$

Так как левая часть выражения больше правой, вариант транспорта 14-тонными электровозами более экономичен, чем 10-тонными.

Очевидно, наименее экономичным в рассматриваемом случае является вариант транспорта 7-тонными электровозами, что видно из расчета [по формуле (21)]

$$6 - 3{,}5 > \frac{110 + 21}{92} = 1{,}4.$$