Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XXXIX, вып. 1, 1959 г.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТОИМОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЛЕНТОЧНЫМИ КОНВЕЙЕРАМИ И ЭЛЕКТРОВОЗАМИ ПО ОСНОВНЫМ ОТКАТОЧНЫМ ВЫРАБОТКАМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

А. М. Факторович

Сравнительные показатели стоимости транспортирования являются основными факторами, оказывающими влияние на выбор способа транспортирования. В связи с этим представляет значительный интерес разработка наиболее удобной для практического пользования методики определения этих показателей.

Определение показателя стоимости транспортирования для каждого из сравниваемых вариантов методом обычных табличных расчетов является процессом трудоемким и громоздким, так как требует предварительного технического расчета каждого варианта и на его базе — составления различных сметно-финансовых расчетов.

Для упрощения методики подсчета Н. В. Тихонов [1], В. И. Голомолзин [2] и другие авторы предложили эмпирические формулы, составленные преимущественно на основе результатов табличных подсчетов. Однако эти формулы обладают следующими недостатками:

1) они пригодны, как все эмпирические формулы, только в узких пределах изменения условий;

2) стоимость транспортирования выражена в них в функции только двух основных факторов — производительности и расстояния транспортирования, в результате чего они недостаточно точны, так как на этот показатель в значительной степени влияет и ряд других факторов;

3) стоимостные величины входят в эти формулы как постоянные, в связи с чем формулы теряют практическое применение при закономерном изменении этих величин.

Более целесообразным является определение показателя стоимости при помощи аналитических формул, выраженных непосредственно в функции параметров основных горнотехнических условий транспортирования. Применение формул в аналитическом виде исключает необходимость громоздких последовательных расчетов и дает возможность решить вопрос при любых сочетаниях условий.

Найдем выражение этого показателя в аналитическом виде при транспортировании ленточными конвейерами и электровозами. При этом необходимо учесть, кроме расходов по транспорту, также неодинаковые

расходы по другим статьям (проходке, поддержанию откаточных выработок и околоствольного двора и проветриванию) для сравниваемых вариантов. Для упрощения расчетов целесообразно не учитывать мелкие и одинаковые расходы для обоих видов транспорта.

Сравнительный показатель стоимости транспортирования ленточными конвейерами

$$C_к = C_с + C_р + C_л + C_и + C_э + C_з + C_п + C_{в.т} + C_о + C_{п.п} + C_{пр},\ руб/т, \quad (1)$$

где $C_с$ — амортизация стоимости и расходы на монтаж и ремонт приводов, натяжных устройств и секций, *руб/т*;

$C_р$ и $C_л$ — амортизация стоимости и расходы на ремонт роликов и ленты, *руб/т*;

$C_и$ — расходы, связанные с установкой скребкового конвейера в хвостовой части ленточного конвейера для удобства изменения его длины, *руб/т*;

$C_э$ и $C_з$ — расходы на энергию и заработную плату, *руб/т*;

$C_п$ — амортизация стоимости и расходы на монтаж и ремонт питателей конвейеров, *руб/т*;

$C_{в.т}$ — расходы, связанные со вспомогательным транспортом, *руб/т*;

$C_о$ и $C_{п.п}$ — амортизация стоимости проходки и затраты на поддержание околоствольного двора и откаточных выработок, *руб/т*;

$C_{пр}$ — расходы, связанные с проветриванием выработок, *руб/т*.

Расходы на 1 $т$ полезного ископаемого, связанные с приводами, натяжными устройствами и секциями,

$$C_с = \frac{z_к E_к}{Q_г}\left(\frac{1+\varepsilon}{a} + r + \frac{M}{t}\right),\ руб/т, \quad (2)$$

где $z_к$ — среднее число конвейеров в одновременной работе;

$E_к$ — полная стоимость одного конвейера без роликов и ленты, включая транспортные расходы, руб.;

$Q_г$ — производительность транспортных устройств, *т/год*;

ε — коэффициент, учитывающий резервное и находящееся в ремонте оборудование;

a — срок службы оборудования, лет;

r — коэффициент, учитывающий стоимость в год всех видов ремонта и смазки оборудования;

M — коэффициент, учитывающий стоимость монтажа и демонтажа оборудования;

t — период времени между монтажом и демонтажем установки, лет.

Выражение (2) может быть упрощено с сохранением достаточной степени точности, необходимой для практических целей, путем подстановки в него постоянных или близких им средних значений величин.

В соответствии с существующими практическими данными можно принять: $\varepsilon = 0{,}1$; $a = 5$; $r = 0{,}15$ и $M = 0{,}1$. Тогда формула (2) будет иметь вид

$$C_с = \frac{z_к E_к}{Q_г}\left(0{,}37 + \frac{0{,}1}{t}\right),\ руб/т. \quad (3)$$

Амортизация стоимости и расходы на ремонт роликов (стоимостью монтажа и демонтажа роликов ввиду ее незначительной величины пренебрегаем)

$$C_p = \frac{L_c}{Q_r}\left(\frac{E_p'}{l_p'} + \frac{E_p''}{l_p''}\right)\left(\frac{1+\varepsilon}{a_p} + r\right), \ руб/т; \qquad (4)$$

где L_c — средняя длина конвейерной линии, *м*;
E_p' и E_p'' — стоимость одного комплекта роликов для грузовой и холостой ветвей, руб.;
l_p' и l_p'' — расстояние между роликами для грузовой и холостой ветвей, *м*;
a_p — срок амортизации роликов, лет.

Подставив в формулу (4) средние значения величин $l_p' = 1{,}2$ *м*; $l_p'' = 2{,}4$ *м*; $\varepsilon = 0{,}15$ и $r = 0{,}15$, получим

$$C_p = \frac{1{,}15L_c}{Q_r a_p}(E_p' + 0{,}5E_p''), \ руб/т. \qquad (5)$$

Амортизация стоимости и расходы на ремонт ленты (стоимость монтажа и демонтажа ленты ввиду ее незначительной величины не учитываем)

$$C_л = \frac{2L_c e_л}{Q_r}\left(\frac{1+\varepsilon}{a_л} + r\right), \ руб/т, \qquad (6)$$

где $e_л$ — стоимость 1 *пог. м* ленты, руб.;
$a_л$ — срок амортизации ленты, лет.

Подставив в формулу средние значения величин $\varepsilon = 0{,}1$ и $r = 0{,}05$, получим

$$C_л = \frac{2L_c e_л}{Q_r a_л}(1{,}1 + 0{,}05a_л), \ руб/т. \qquad (7)$$

Расходы, связанные с установкой в отдельных случаях скребковых конвейеров, не учитываем, так как они относительно невелики и примерно одинаковы с аналогичными расходами при варианте транспорта электровозами при наличии надштрековых целиков, отказе от применения передвижных погрузочных пунктов и других подобных случаях.

Расходы на энергию

$$C_э = \frac{e_э L}{Q\eta_к}(cv + 15 \cdot 10^{-5}Q), \ руб/т, \qquad (8)$$

где $e_э$ — расчетная стоимость 1 *квт/ч* энергии на шинах главной подземной подстанции с учетом дифференцированного тарифа, руб.
L — среднее расстояние транспортирования, *м*;
Q — производительность установки, *т/час*;
$\eta_к$ — к. п. д. передачи от шин главной подземной подстанции к валу приводного барабана конвейера;
c — коэффициент, зависящий от ширины ленты и типа подшипников роликоопор;
v — скорость движения ленты конвейера, *м/сек*.

Так как расход энергии при электровозной тяге в среднем в четыре раза меньше, чем при транспортировании ленточными конвейерами, целесообразно для простоты расчетов учитывать эту статью расхода в виде разницы (превышения) стоимости для сравниваемых вариантов.

В связи с этим, а также учитывая, что $\eta_к = 0{,}6$, формула (8) будет иметь следующий вид:

$$C_э = 1{,}3 e_э L \left(\frac{cv}{Q} + 15 \cdot 10^{-5} \right), \; руб/м. \tag{9}$$

Расходы на заработную плату обслуживающему персоналу конвейерной линии, без учета расходов на заработную плату оператору (одинаковых для обоих вариантов),

$$C_з = \frac{k_п L_с e_{э.с}}{Q_{см} H_{э.с}}, \; руб/м, \tag{10}$$

где $k_н$ — коэффициент, учитывающий все виды дополнительной зарплаты и начисления;

$e_{э.с}$ — тарифная ставка в смену электрослесаря, руб.;

$H_{э.с}$ — норма на одного электрослесаря по обслуживанию конвейерной линии, *м/смена*;

$Q_{см}$ — производительность транспортной установки, *т/смена*,

Амортизация стоимости и расходы на ремонт, монтаж и демонтаж питателей, а также затраты на потребляемую ими энергию

$$C_п = \frac{z_п E_п}{Q_г} \left(\frac{1+\varepsilon}{a} + r + \frac{M}{t} \right) + \frac{N_п z_п e_э}{\lambda_п \eta_п Q}, \; руб/т \tag{11}$$

где $z_п$ — число питателей;

$E_п$ — полная стоимость питателя, руб.;

$N_п$ — установочная мощность двигателя питателя, *квт*;

$\lambda_п$ — коэффициент, учитывающий запас мощности питателя;

$\eta_{п}$ — к. п. д. передачи энергии от шин подземной подстанции к приводному валу двигателя питателя.

Подставив в формулу (11) средние значения величин:

$$\varepsilon = 0{,}2; \quad a = 5; \quad r = 0{,}15; \quad \frac{M}{t} \approx 0{,}1, \; \lambda_п = 1{,}2;$$

$$\eta_п = 0{,}8$$

и учитывая, что

$$Q_{см} = \frac{Q_г}{n_{см} t_{см}},$$

получим

$$C_п = \frac{0{,}5 z_п}{Q_г} (E_п + 2{,}5 N_п e_э n_{см} t_{см}), \; руб/м, \tag{12}$$

где $n_{см}$ — число рабочих смен в год;

$t_{см}$ — число часов работы в смену.

Как показывают конкретные примеры расчетов, расходы, связанные с питателями, относительно малы, поэтому эту статью расходов целесообразно учитывать, если число установленных питателей не менее 10.

При вспомогательной откатке должна учитываться разница в затратах, связанных с эксплуатацией вспомогательной электровозной тяги для транспортирования пустой породы, материалов и людей при вариантах электровозного и конвейерного транспорта. При этом часть расходов на вспомогательную откатку (расходы на энергию и рабочую силу поездной бригады), пропорциональная объему работ, будет примерно одинаковой для обоих вариантов и может не учитываться. Другие

же расходы — затраты, связанные с подвижным составом, преобразовательной подстанцией и обслуживанием тяговой сети, — в основном дополнительные при варианте конвейерного транспорта.

Расходы на электровозную тягу при варианте электровозного транспорта больше, чем при варианте конвейерного транспорта, а поэтому разницу в расходах целесообразно учитывать коэффициентами в соответствующих статьях расхода при варианте электровозного транспорта.

Амортизация стоимости проходки и затраты на поддержание околоствольного двора при варианте конвейерного транспорта меньше, чем при электровозном транспорте. Разница в этих расходах учитывается коэффициентом в соответствующих затратах при варианте электровозного транспорта.

$$C_{\text{п. п}} = \frac{L_{\text{в}} S'}{Q_{\text{г}}} \left(\frac{e_{\text{в}}}{t_{\text{в}}} + \frac{r_{\text{в}}}{i_0} \right), \ руб/т, \tag{13}$$

где $L_{\text{в}}$ — длина откаточных выработок, *м*;

S' — разница в площадях поперечного сечения выработок в свету, $м^2$;

$e_{\text{в}}$ — полная стоимость проходки 1 $м^2$ выработки в свету, руб.;

$t_{\text{в}}$ — срок существования выработки, лет;

$r_{\text{в}}$ — стоимость поддержания в год 1 $м^2$ сечения выработки в свету, руб.;

i_0 — коэффициент, учитывающий режим существования выработки, при постоянной ($i_0 = 1$) и равномерно изменяющейся ($i_0 = 2$) длине.

Величина S', входящая в формулу (13), может быть определена для каждого конкретного случая на основании нормативов.

Расходы, связанные с проветриванием выработок, должны учитываться только по энергии, так как другие расходы по этой статье можно считать примерно одинаковыми для сравниваемых вариантов. Разница в стоимости энергий на проветривание при различных сечениях откаточных выработок

$$C_{\text{пр}} = \frac{e_{\text{э}} \alpha_0 L_{\text{в. с}} Q_{\text{в}}^3}{102 Q \eta_{\text{в}}} \left(\frac{P_1}{S_1^3} - \frac{P_2}{S_2^3} \right), \ руб/т, \tag{14}$$

где α_0 — коэффициент, характеризующий стенки выработки по сопротивлению движению воздуха, $кг \cdot сек^2/м^4$;

$L_{\text{в. с}}$ — средняя длина пути вентиляционной струи по откаточным выработкам, *м*;

$Q_{\text{в}}$ — количество воздуха, поступающего в выработку, $м^3/сек$;

$\eta_{\text{в}}$ — суммарный к. п. д. вентилятора, передачи, двигателя и сети от шин подстанции до зажимов электродвигателя;

P_1, P_2 — периметры откаточных выработок при сравниваемых вариантах, *м*;

S_1, S_2 — сечения откаточных выработок при сравниваемых выработках, $м^2$;

Подставив в формулу (14) средние значения величин $\alpha_0 = 15 \cdot 10^{-5}$; $\eta_{\text{в}} = 0{,}6$ и $P = 4\sqrt{S}$, получим

$$C_{\text{пр}} = \frac{10^{-4}}{Q} e_{\text{э}} L_{\text{в. с}} Q_{\text{в}}^3 k_{\text{р}}, \ руб/т, \tag{15}$$

где $k_{\text{р}} = \frac{1}{S_1^{2,5}} - \frac{1}{S_2^{2,5}}$ — коэффициент пропорциональности.

Как показывают подсчеты по формуле (15), разница в расходах на проветривание выработок относительно мала и обычно составляет менее 3% сравниваемых величин, поэтому для простоты расчетов ее целесообразно не учитывать.

После подстановки найденных по формулам (3), (5), (7), (9), (10) и (12) значений $\left(\text{учитывая, что } Q_{см} = \frac{Q_г}{n_{см}}\right)$ формула (1) для случая, когда сечение откаточных выработок одинаковое и число питателей менее 10, будет иметь следующий вид:

$$C_к = \frac{1}{Q_г}\left\{z_к E_к\left(0{,}37 + \frac{0{,}1}{t}\right) + L_с\left[\frac{1{,}15}{a_р}(E_р' + 0{,}5E_р'') + \right.\right.$$
$$\left.\left. + \frac{2e_л}{a_л}(1{,}1 + 0{,}05a_л) + \frac{k_н e_{э.с} n_{см}}{H_{э.с}}\right]\right\} +$$
$$+ 1{,}3e_э L\left(\frac{cv}{Q} + 15 \cdot 10^{-5}\right) \text{ руб/т}. \qquad (16)$$

Если же сечение откаточных выработок при конвейерном транспорте больше, чем при электровозном, учитываются дополнительные расходы на проходку выработок по формуле (13). При числе установленных питателей более 10 учитываются дополнительные расходы на питатели по формуле (12).

Для наиболее часто встречающихся условий формула (16) может быть упрощена подстановкой средних значений величин. Принимаем

$$\left(0{,}37 + \frac{0{,}1}{t}\right) \approx 0{,}4; \quad (1{,}1 + 0{,}05a_л) = 1{,}15;$$

$$H_{э.с} = 500 \text{ м/чел} \cdot \text{смена}; \quad t_{см} = 6; \frac{cv}{Q} = 18 \cdot 10^{-5}.$$

После подстановки средних значений формула (16) будет иметь вид

$$C_к = \frac{1}{Q_г}\left[0{,}4z_к E_к + 1{,}15L_с\left(\frac{E_р' + 0{,}5E_р''}{a_р} + \frac{2e_л}{a_л} + \right.\right.$$
$$\left.\left. + 18 \cdot 10^{-4} k_н e_{э.с} n_{см}\right)\right] + 4 \cdot 10^{-4} L e_э, \text{ руб/т}. \qquad (17)$$

Сравнительный показатель стоимости транспортирования контактными электровозами

$$C_{э.к} = C_{эл} + C_в + C_т + C_{к.с} + C_{пс} + C_э + $$
$$+ C_з + C_0 + C_{п.п} + C_{об}, \text{ руб/т}, \qquad (18)$$

где $C_{эл}$ и $C_в$ — разница в амортизации стоимости и расходах на ремонт электровозного и вагонеточного парка, *руб./т*;

$C_т$, $C_{к.с}$ и $C_{пс}$ — расходы, связанные, соответственно, с толкателями на погрузочных пунктах, с контактной сетью и тяговой подстанцией, *руб./т*;

$C_{об}$ — расходы, связанные с оборудованием околоствольного двора, *руб./т*.

Разница в расходах, связанных с электровозным парком при вариантах конвейерного и электровозного транспорта,

$$C_{эл} = \frac{z_э E_в k_п}{Q_г}\left(\frac{1+\varepsilon}{a} + r\right), \text{ руб./т}, \qquad (19)$$

где $z_э$ — среднее число одновременно работающих электровозов;
$E_э$ — полная стоимость одного электровоза, включая транспортные расходы, руб.;
$k_п$ — коэффициент, учитывающий разницу в расходах, связанных с подвижным составом при вариантах конвейерного и электровозного транспорта.

Для упрощения формулы (19) в соответствии с существующими практическими данными можно принять $\varepsilon = 0{,}4$; $a = 15$ и $r = 0{,}15$. Тогда формула (17) будет иметь вид

$$C_{эл} = \frac{0{,}25 z_э E_э k_п}{Q_г}, \ руб/т. \tag{20}$$

Величина $z_э$, входящая в формулу (20), может быть определена на основании нормативов производительности электровозов или по графикам [3].

Разница в амортизации стоимости и расходах на ремонт вагонеточного парка для сравниваемых вариантов

$$C_в = \frac{10^{-3} Q_{сут} H_в E_в k_п}{Q_г a G_в}(1 + r), \ руб/т, \tag{21}$$

где $Q_{сут}$ — производительность шахты, *т/сутки*;
$H_в$ — норма емкости вагонеточного парка на 1000 *т* суточной добычи;
$E_в$ — полная стоимость одной вагонетки, руб.;
$C_в$ — грузоподъемность вагонетки, *т*.

Подставив в формулу (21) средние значения величин $a = 4{,}5$ и $r = 0{,}15$, получим

$$C_в = \frac{25 \cdot 10^{-5} Q_{сут} H_в E_в k_п}{Q_г G_в}, \ руб/т. \tag{22}$$

В ряде случаев может оказаться более удобным определять расходы, связанные с вагонеточным парком, методом расстановки вагонеток. При этом

$$C_в = \frac{z_в E_в k_п}{Q_г}(z_э + n_п n_{с.\,п} + n_{с.\,о})\left(\frac{1+\varepsilon}{a} + r\right), \ руб/т, \tag{23}$$

где $z_в$ — число вагонеток в составе;
$n_п$ — число погрузочных или обменных пунктов;
$n_{с.\,п}$ — число составов на погрузочном или обменном пункте;
$n_{с.\,о}$ — число составов в околоствольном дворе.

Подставим в формулу (23) средние значения величин $n_{с.\,п} = 2$; $n_{с.о} = 4$; $\varepsilon = 0{,}2$; $a = 4{,}5$; $r = 0{,}15$.

Тогда

$$C_в = \frac{0{,}4 z_в E_в k_п}{Q_г}(z_э + 2n_п + 4), \ руб/т. \tag{24}$$

Величина $z_в$ формулы (24) может быть определена по таблицам [4].

Амортизация стоимости и расходы на ремонт, монтаж и демонтаж толкателей на погрузочных и обменных пунктах, а также затраты на энергию, потребляемую толкателями,

$$C_т = \frac{z_т E_т}{Q_г}\left(\frac{1+\varepsilon}{a} + r + \frac{M}{t}\right) + \frac{N_т z_т e_э \psi_т}{\lambda_т \eta_т Q}, \ руб/т, \tag{25}$$

где $z_т$ — число толкателей;
$E_т$ — полная стоимость одного толкателя, руб.;
$N_т$ — установочная мощность двигателя толкателя, *квт*;
$\lambda_т$ — коэффициент, учитывающий запас мощности толкателя;
$\eta_{iт}$ — к. п. д. передачи энергии от шин подземной подстанции к приводному валу двигателя толкателя;
$\psi_т$ — коэффициент использования толкателей во времени.

В соответствии с существующими практическими данными можно принять $\varepsilon = 0{,}2$; $a = 5$; $r = 0{,}15$; $M = 0{,}1$; $t = 1 - 5$; $\lambda_т = 1{,}35$, $\eta_т = 0{,}6$; $\psi_т = 0{,}3$. После подстановки и учитывая, что $Q = \frac{Q_г}{n_{см} t_{см}}$, получим

$$C_т = \frac{0{,}4 z_т}{Q_г} (1{,}1 E_т + N_т e_э n_{см} t_{см}), \ руб/т. \qquad (26)$$

Как показывают конкретные примеры расчетов, расходы, связанные с толкателями на погрузочных или обменных пунктах, относительно малы, поэтому их целесообразно учитывать лишь в тех случаях, когда число их больше 10.

Расходы на контактную сеть. Как показывают подсчеты, стоимость контактной сети составляет не более 10% стоимости оборудования электровозной откатки, поэтому для простоты расчетов с допустимой величиной погрешности можно не учитывать при сравнении вариантов разницу в расходах, связанных с оборудованием контактной сети при электровозном и конвейерном транспорте.

Разница в амортизации стоимости и расходах на ремонт, монтаж и демонтаж оборудования тяговой подстанции при электровозном и конвейерном транспорте

$$C_{пс} = \frac{N_{пс} e_{пс} k_в k_{пс}}{Q_г} \left(\frac{1 + \varepsilon}{a} + r + \frac{M}{t} \right) =$$

$$= \frac{10^{-3} z_{э.м} U n_д I_д k_о \lambda_{пс} e_{пс} k_в k_{пс}}{Q_г} \left(\frac{1 + \varepsilon}{a} + r + \frac{M}{t} \right), \ руб/т, \qquad (27)$$

где $N_{пс}$ — установочная мощность преобразовательной подстанции, *квт*;
$e_{пс}$ — средняя стоимость 1 *квт* мощности преобразовательной установки, руб.;
$k_в$ — коэффициент, учитывающий стоимость всего вспомогательного оборудования преобразовательной установки;
$k_{пс}$ — коэффициент, учитывающий разницу в расходах по тяговой подстанции при электровозном и конвейерном транспорте;
$z_{э.м}$ — максимальное число работающих электровозов;
U — напряжение на шинах тяговой подстанции, *в*;
$I_д$ — длительная сила тока двигателя электровоза, *а*;
$n_д$ — число двигателей электровоза;
$k_о$ — коэффициент одновременности работы электровозов;
$\lambda_{пс}$ — коэффициент, учитывающий резерв мощности тяговой подстанции.

После подстановки в формулу (27) средних значений величин $U = 275$ *в*; $k_в = 1{,}5$; $\varepsilon = 0{,}35$; $a = 15$; $M = 0{,}1$; $r = 0{,}15$; $t = 3 \div 15$; $n_д = 2$; $\lambda_{пс} = 1{,}3$ получим

$$C_{пс} = \frac{0{,}4 z_{э.м} I_д k_о e_{пс} k_{пс}}{Q_г}, \ руб/т. \qquad (28)$$

Подсчеты по формуле (28) показывают, что разницей в расходах, связанных с оборудованием подстанции, ввиду ее относительно малой величины, можно пренебречь.

Стоимость энергии. Стоимость энергии учтена в варианте конвейерного транспорта в виде разницы в расходах при обоих вариантах.

Расходы по заработной плате

$$C_з = k_н \left\{ \frac{1}{Q_{см}} [z_э (e_м + e_{п.м}) + z_{л.р} e_{л.р} + e_{т.о}] + \right.$$

$$\left. + \frac{10^{-3} H_в e_{о.с} k_{о.с}}{G_в H_{о.с}} + \frac{k_{т.с} n_к L_п e_{т.с}}{H_{т.с} Q_{сут}} \right\}, \ руб/т, \qquad (29)$$

где $e_м$, $e_{п.м}$, $e_{л.р}$, $e_{т.о}$, $e_{о.с}$ и $e_{т.с}$ — тарифные ставки, соответственно, машиниста электровоза, его помощника, люкового, рабочего у толкателя-опрокидывателя, рабочих по осмотру подвижного состава в околоствольном дворе и рабочих по ремонту тяговой (включая рельсовый путь) сети, *руб/т*.

$z_{л.р}$ — число люковых рабочих;

$k_{о.с}$ — коэффициент, учитывающий разницу в расходах по осмотру подвижного состава при вариантах электровозного и конвейерного транспорта;

$H_{о.с}$ — норма по осмотру подвижного состава, вагонетка/чел · сутки;

$k_{т.с}$ — коэффициент, учитывающий разницу в стоимости обслуживания тяговой сети при сравниваемых вариантах;

$n_к$ — число параллельных контактных линий или рельсовых путей;

$L_п$ — средняя длина контактной линии и рельсового пути, *м*;

$H_{т.с}$ — норма на одного рабочего бригады по обслуживанию контактной сети и рельсовых путей, *м/чел · сутки*;

Подставим в формулу (29) средние значения величин $k_{т.с} = 0{,}7$; $H_{о.с} = 50$ вагонеток/чел · сутки; $H_{т.с} = 400$ *м/чел · сутки* и $n_{сут} = 300$. После подстановки, учитывая, что $Q_{см} = \frac{Q_г}{n_{см}}$ и $Q_{сут} = \frac{Q_г}{n_{сут}}$, формула (29) будет иметь вид

$$C_з = \frac{1}{Q_г} \{ k_н n_{см} [z_э (e_м + e_{п.м}) + z_{л.р} e_{л.р} + e_{т.о}] + $$

$$+ 0{,}5 k_н n_к L_п e_{т.с}\} + \frac{2 \cdot 10^{-5} H_в e_{о.с} k_н k_{о.с}}{G_в}, \ руб/т, \qquad (30)$$

где $n_{сут}$ — число рабочих суток в году.

Расходы по проходке и поддержанию околоствольного двора могут быть выражены на основании данных Центрогипрошахта [2] следующим образом:

$$C_{ок} = \frac{9000 + 1{,}57 Q_{сут}}{Q_г} \left(\frac{e_{ок}}{t_{ок}} + r_{ок} \right) k_{ок}, \ руб/т, \qquad (31)$$

где $e_{ок}$ — полная стоимость 1 $м^3$ выработок околоствольного двора в свету, руб.;

$t_{ок}$ — срок существования околоствольного двора, лет;

$r_{ок}$ — годовая стоимость поддержания 1 $м^3$ выработок околоствольного двора в свету, руб.;

$k_{ок}$ — коэффициент, учитывающий разницу в расходах по околоствольному двору при сравниваемых вариантах.

Расходы по проходке и поддержанию откаточных выработок учитываются по формуле (13) в виде разницы.

Основные расходы, связанные с оборудованием околоствольного двора,

$$C_{об} = \frac{E_{т.о}}{Q_г}\left(\frac{1+\varepsilon}{a} + r + \frac{M}{t}\right), \ руб/т, \qquad (32)$$

где $E_{т.о}$ — полная стоимость блока толкателя-опрокидывателя, *руб/т*.

Подставив в формулу (32) средние значения величин $\varepsilon = 0$; $Q = 8$; $r = 0{,}15$ и $\frac{M}{t} = 0{,}03$, получим

$$C_{об} = \frac{0{,}3E_{т.о}}{Q_г}, \ руб/т. \qquad (33)$$

Расходы на основное оборудование околоствольного двора, как показывают подсчеты по формуле (33), относительно малы и обычно не превышают 2% сравниваемых величин, поэтому целесообразно для простоты расчетов их не учитывать.

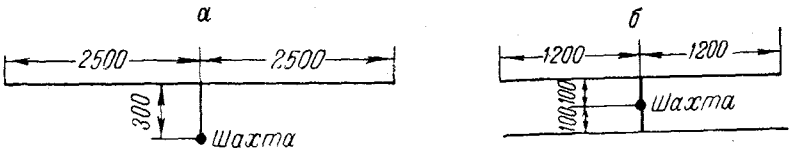
Подставим в выражение (18) найденные значения величин согласно формулам (20), (22), (30) и (31). После подстановки формула (18) для случая, когда сечение откаточных выработок для обоих вариантов одинаковое и число толкателей под погрузочными пунктами менее 10, будет иметь следующий вид:

$$C_{э.к} = \frac{1}{Q_г}\left\{\left(0{,}25z_э E_э + \frac{25\cdot 10^{-5} Q_{сут} H_в E_в}{G_в}\right)k_п + k_н n_{см}\left[z_э\left(e_м + e_{п.м}\right) + z_{л.р}e_{л.р} + e_{т.о}\right] + 0{,}5k_н n_к L_п e_{т.с} + k_{ок}\left(9000 + 1{,}57Q_{сут}\right)\left(\frac{e_{ок}}{t_{ок}} + r_{ок}\right)\right\} + \frac{2\cdot 10^{-5} H_в e_{о.с} k_н k_{о.с}}{G_в}, \ руб/т. \qquad (34)$$

Если же сечение откаточных выработок при электровозном транспорте больше, чем при конвейерном, учитываются дополнительные расходы по формуле (13). При числе толкателей под погрузочными пунктами больше 10 учитываются дополнительные расходы по формуле (26).

На основании формул (17) и (34) можно с достаточной степенью точности определить для каждого конкретного случая сравнительный показатель стоимости транспортирования при конвейерном и электровозном транспорте.

Примеры расчета. I. Задано: $Q_г = 450\,000$ *т/год*; $Q_{сут} = 1500$ *т/сутки*; $Q = 125$ *т/ч*; $L = 1550$ *м*; $L_с = 2800$ *м*; $n_{см} = 600$, схема



Схемы откаточных выработок

откаточных выработок согласно схеме, *а*; сечение откаточных выработок принимается по условиям транспорта. Сечение выработок в свету для конвейерного транспорта $S_1 = 7{,}5$ *м*^{2}, для электровозного $S_2 = 5{,}7$ *м*^{2}. Разница в сечениях при проходке $S' = 1{,}8$ *м*^{2}.

Определить сравнительные показатели стоимости при вариантах конвейерного и электровозного транспорта.

Вариант конвейерного транспорта. Потребная производительность конвейеров: по штрекам 80 *т/час*, по квершлагу 150 *т/час*. Принимается конвейер РТУ-30, который при производительности 80 и 150 *т/ч.* может иметь длину на один привод 500 и 300 *м*. Максимально потребное число конвейеров 11, минимально — 1, $z_к = 6$. Полная стоимость конвейера без ленты и роликов длиной 500 *м* принимается $E'_к = 35\,000$ руб.; при 300 *м* $E''_к = 25\,000$ руб.; $a_р = 1{,}5$ года; $E'_р = 50$ руб.; $E''_р = 25$ руб.; $e_л = 92$ *руб/м.*; $a_л = 1.5$ года; $k_н = 1{,}4$; $e_{э.с} = 36$ руб.; $e_э = 0{,}15$ *руб/квт-ч*; $e_в = 150$ *руб/м*^{2}; $t_в = 5$ лет; $r_в = 13{,}5$ *руб/м*^{2}; $i_0 = 2$.

Показатель стоимости [по формуле (17)]

$$C_к = \frac{1}{450\,000}\left[0{,}4\,(5 \cdot 35\,000 + 1 \cdot 25\,000) + 1{,}15 \cdot 2800 \times \right.$$
$$\left. \times \left(\frac{50 + 0{,}5 \cdot 25}{1{,}5} + \frac{2{,}92}{1{,}5} + 18 \cdot 10^{-4} \cdot 1{,}4 \cdot 36 \cdot 600\right)\right] +$$
$$+ 4 \cdot 10^{-4} \cdot 1550 \cdot 0{,}15 = 1{,}85 \ руб/т.$$

Так как сечение откаточных выработок при варианте конвейерного транспорта больше, чем при варианте электровозного, определим по формуле (13) разницу в расходах по проходке и поддержанию выработок для сравниваемых вариантов

$$C_{п.п} = \frac{5300 \cdot 1{,}8}{450\,000}\left(\frac{150}{5} + \frac{13{,}5}{2}\right) = 0{,}78 \ руб/т.$$

Таким образом, сравнительный показатель стоимости транспортирования при варианте конвейерного транспорта

$$C'_к = 1{,}85 + 0{,}78 = 2{,}63 \ руб/т.$$

Вариант электровозного транспорта. Принимаются электровозы сцепным весом 7 *т*; $E_э = 25000$; $z_{э_{max}} 4$; $z_{э_{min}} = 2$; $z_э = 3$; $G_в = 2$ *т*; $E_в = 1870$ руб.; $k_п = 0{,}75$; $e_м = 40$ руб.; $e_{п.м} = 32$ руб.; $z_{л.р} = 2$; $e_{л.р} = 32$ руб.; $e_{т.с} = 36$ руб.; $e_{т.о} = 32$ руб.; $n_к = 1$; $L_п = 2800$ *м*; $e_{э.с} = 36$ руб.; $k_{ок} = 0{,}15$; $e_{ок} = 280$ *руб/м*^{3}; $t_{ок} = 8$ лет; $r_{ок} = 13{,}5$ *руб/м*^{3}; $H_в = 500$ *т*; $e_{о.с} = 36$ руб.; $k_{о.с} = 0{,}7$.

Показатель стоимости [по формуле (34)]

$$C_{э.к} = \frac{1}{450\,000}\left\{\left(0{,}25 \cdot 3 \cdot 25\,000 + \frac{25 \cdot 10^{-5} \cdot 1500 \cdot 500 \cdot 1870}{2}\right)0{,}75 + \right.$$
$$+ 1{,}4 \cdot 600\,[3\,(40 + 32) + 2 \cdot 32 + 32] + 0{,}5 \cdot 1{,}4 \cdot 1 \cdot 2800 \cdot 36 +$$
$$\left. + 0{,}15\,(9000 + 1{,}57 \cdot 1500)\left(\frac{280}{8} + 13{,}5\right)\right\} +$$
$$+ \frac{2 \cdot 10^{-5} \cdot 500 \cdot 36 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}7}{2} = 1{,}43 \ руб/т.$$

Таким образом, стоимость транспортирования конвейерами примерно на 80% больше, чем электровозами.

II. Задано: $Q_г = 1\,500\,000$ *т/год*; $Q_{сут} = 5000$ *т/сутки*; $Q = 415$ *т/ч*; $z_{л.р} = 4$; $L = 700$ *м*; $L_с = 2600$ *м*; $n_{см} = 600$, $t_{см} = 6$; схема откаточных выработок согласно рис. 1, *б*; сечение откаточных выработок

одинаковое для обоих вариантов, так как принимается по условию вентиляции.

Определить сравнительные показатели стоимости транспортирования при вариантах конвейерного и электровозного транспорта.

Вариант конвейерного транспорта. Потребная производительность конвейеров на штреках 130 *т/ч*, на квершлагах 250 *т/ч*. Для транспорта по штрекам принимаются конвейеры РТУ-30, которые при потребной производительности 130 *т/ч* допускают длину на один привод 430 *м;* для транспорта по квершлагам принимаются конвейеры КРУ-250, для которых при производительности 250 *т/ч* и длине 100 *м* пригодна лента с пятью прокладками. Максимально потребное число конвейеров 14, минимально — 2, $z_к = 8$; из них шесть конвейеров РТУ-30 и два — КРУ-250; $E'_к = 32\,000$ руб.; $E''_к = 50\,000$ руб.; $E'_р = 50$ руб.; $E''_р = 25$ руб.; $E'_{р'} = 60$ руб.; $E''_{р'} = 30$ руб.; $e'_л = 92$ руб.; $e''_л = 110$ руб. По условиям загрузки конвейеров питатели не требуются. Все остальные данные по предыдущему примеру.

Показатель стоимости [по формуле (17)]

$$C_к = \frac{1}{1\,500\,000}\left\{0{,}4\,(6 \cdot 32\,000 + 2 \cdot 50\,000) + 1{,}15\left(2400\,\frac{50 + 0{,}5 \cdot 25}{1{,}5}\right) + \right.$$

$$+ 200\left(\frac{60 + 0{,}5 \cdot 30}{1{,}5}\right) + \frac{2400 \cdot 2 \cdot 92}{1{,}5} +$$

$$\left. + \frac{200 \cdot 2 \cdot 110}{1{,}5} + 2600 \cdot 18 \cdot 10^{-4} \cdot 1{,}4 \cdot 36 \cdot 600\right\} +$$

$$+ 4 \cdot 10^{-4} \cdot 700 \cdot 0{,}15 = 0{,}56 \ руб/т.$$

Вариант электровозного транспорта. Принимаются электровозы сцепным весом 14 *т*; $E_э = 62\,000$ руб.; $z_{э_{max}} = 3$; $z_{э_{min}} = 2$; $z_э = 2{,}5$; $G_в = 5$ *т*; $E_в = 4000$ руб.; $H_в = 600$ *т*; $k_п = 0{,}85$; $n_к = 1$; $L_п = 2600$ *м*; $k_{ок} = 0{,}2$; $k_{о.с} = 0{,}85$. Остальные данные по предыдущему примеру.

Показатель стоимости [по формуле (34)]

$$C_{э.к} = \frac{1}{1\,500\,000}\left\{\left(0{,}25 \cdot 2{,}5 \cdot 62\,000 + \right.\right.$$

$$\left. + \frac{25 \cdot 10^{-5} \cdot 5\,000 \cdot 600 \cdot 4\,000}{5}\right) 0{,}85 + 1{,}4 \cdot 600\,[2{,}5\,(40 + 32) +$$

$$+ 4 \cdot 32 + 32] + 0{,}5 \cdot 1{,}4 \cdot 1 \cdot 2600 \cdot 36 + 0{,}2\,(9000 +$$

$$\left. + 1{,}57 \cdot 5\,000)\left(\frac{280}{8} + \frac{13{,}5}{1}\right)\right\} + \frac{2 \cdot 10^{-5} \cdot 600 \cdot 36 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 0{,}85}{5} = 0{,}8 \ руб/т.$$

Таким образом, для рассматриваемого примера стоимость транспортирования электровозами примерно на 40% больше, чем конвейерами.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Зворыкин А. А., Киржнер Д. М. и Кундин Н. В. Экономика, организация и планирование угольной промышленности. Углетехиздат, 1951.
2. Голомолзин В. И. Стоимостные параметры для шахт с пологопадающими пластами в условиях Донецкого бассейна. «Уголь», 1955, № 9.
3. Факторович А. М. Величина состава поезда при транспорте контактными электровозами по главным откаточным выработкам угольных шахт. Зап. ЛГИ, 1957, т. XXXIV, вып. 1.
4. Рысьев А. В., Ломакин С. М. Электровозы, электровозное хозяйство и вагонный парк. Углетехиздат, 1956.