

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИВЫГОДНЕЙШЕГО СОСТАВА ПОЕЗДА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ОТКАТКЕ АККУМУЛЯТОРНЫМИ ЭЛЕКТРОВОЗАМИ.

*Доцент Бетехтин А. С.*

### ВВЕДЕНИЕ.

В нашей технической литературе расчету подземной электровозной откатки посвящено несколько работ: работа проф. Шклярского Ф. Н., доцента Волотковского, инж. Лившиц, коллектива работников завода „Динамо“, инж. Лебедева и т. д. Однако из всех перечисленных выше авторов только инж. Лившиц дал в свое время метод технико-экономического расчета подземной электровозной откатки аккумуляторными электровозами. Другие авторы ограничились только техническим решением вопроса. Так как данные, приведенные в работе инженера Лившица „Технико-экономический расчет электровозной откатки“ к настоящему моменту устарели, а других методов технико-экономического решения данного вопроса в нашей литературе пока нет, мы считаем необходимым и своевременным пополнить существующий пробел. Это тем более необходимо, что подземная электровозная откатка стала неотъемлемой и весьма важной областью шахтного хозяйства и что в связи с переходом ряда крупных шахт на разработку нижележащих горизонтов область применения аккумуляторных электровозов значительно увеличится. Таким образом, вопрос о наиболее выгодном варианте подземной аккумуляторной откатки перестает быть чисто местным вопросом, а перерастает в вопрос всесоюзного значения. Иначе говоря, рациональный метод технико-экономического расчета подземной аккумуляторной откатки, при применении его для реконструируемых и вновь проектируемых шахт, обещает экономию на ежегодных эксплуатационных расходах в десятки и сотни тысяч рублей.

### § 1. Краткий анализ существующих методов расчета подземной откатки аккумуляторными электровозами.

Существующие на сегодняшний день методы расчета подземной аккумуляторной откатки (за исключением метода инж. Лившица) в основном сводятся к следующему:

1. Выбирается тип электровоза в зависимости от производительности откатки, а в отдельных случаях—и от уже существующей колеи.

2. Определяется величина состава, обычно из условий движения порожнякового состава на подъем, с учетом, что часть вагонеток будет загружена лесом (коэффициент 1,1).

3. Проверяется, достаточен ли сцепной вес электровоза, чтобы при выбранном составе осуществить наиболее трудные маневровые операции, в частности, трогание груженого состава на подъем.

4. Определяются усилия, скорости и силы тока при установившемся движении груженого и порожнякового состава.

5. Производится проверка на торможение, в частности, определяется величина пути торможения.

6. Определяются продолжительности периодов ускорения и замедления и движения с равномерной скоростью для груженого и порожнякового составов и проходимые при этом пути.

7. Моторы электровоза проверяются на нагревание.

8. Определяется средний разрядный ток батареи.

9. Определяется продолжительность разрядки батареи при найденном разрядном токе (к сожалению весьма приблизительно, без учета влияния величины разрядного тока на ампер-часовую и ватт-часовую емкость батареи).

10. По полному периоду рейса определяется число рейсов в смену.

11. По производительности рейса в тоннах или тонно-километрах определяется необходимое число рабочих электровозов.

12. По числу рабочих электровозов и продолжительности разрядки и зарядки батареи определяется число одновременно заряжаемых батарей и общее число батарей, включая и резерв.

13. По числу одновременно заряжаемых батарей определяется число ртутных выпрямителей (рабочих и резервных), число зарядных столов, мощность и число тр-ров, количество высоковольтной и низковольтной аппаратуры.

14. Определяются размеры депо и умформерной.

15. Находятся капитальные затраты и ежегодные эксплуатационные расходы.

16. Определяется стоимость тонно-километра откатки.

Таковы основные этапы наиболее распространенного метода расчета подземной откатки аккумуляторными электровозами. Этот метод с незначительными изменениями применяется как в проектных организациях, так и в горных ВТУЗ ах при изучении студентами курса электровозной откатки.

Формально этот метод является правильным, так как он технически обоснованно решает вопрос. По существу же он не дает ответа, является ли выбранный вариант откатки наиболее экономичным. Действительно, он не отвечает на вопрос, далеко не праздный: что выгоднее, иметь ли 1—2 лишних электровоза, но работать смену без перезарядки батареи, или, наоборот, ис-

пользовать предельно мощность электровозных моторов и при минимальном количестве электровозов иметь большой аккумуляторный парк. Суммарные расходы на каждый электровоз в сутки со включением зарплаты составляет около 100 руб., но и аналогичные расходы на каждую батарею, выпрямитель, долю мощности тр-тора и т. д. тоже составляют не малую сумму. Наконец, количество электровозов оказывает существенное влияние на величину вагонного парка, расход на амортизацию и ремонт которого является одной из крупнейших статей расхода по откатке. Ни на один из этих вопросов вышепоименованный метод не отвечает.

## **§ 2. О сущности метода расчета подземной откатки аккумуляторными электровозами, предложенного инж. И. И. Лившицем.**

В своих работах, появившихся в журнале „Уголь“ № 65 в 1931 г., а затем в „Очерках по горной эл. механике“<sup>1)</sup>, инж. И. И. Лившиц наиболее правильно подошел к решению рассматриваемого вопроса и фактически разрешил его для тогдашних условий, т. е. для намечавшихся в то время к эксплуатации типов электровозов и батарей при существовавших тогда ставках на рабсилу. Метод инж. Лившица И. И. в основном сводится к тому, что все переменные, характеризующие откатку и расходы по ней, инж. Лившиц И. И. выражает в функциях от состава поезда и в конечном счете определяет величину состава, при которой ежегодные эксплуатационные расходы по откатке являются минимальными. Для облегчения расчета, а также для контроля получающихся результатов автор широко пользуется номограммами, так что метод его по существу является графоаналитическим. Кроме того, он делает ряд допущений и упрощений, не влияющих особенно на результаты расчета. Исключением является допущение, что емкость батареи не зависит от силы разрядного тока, допущение до известной степени, верное для щелочных батарей, но совершенно не приемлемое для свинцовых.

Интересная и ценная работа инж. Лившица в свое время значительно облегчила труд проектных организаций. К сожалению, как уже указывалось выше, работа инж. Лившица к настоящему моменту уже устарела: при правильности методики экономические, а отчасти и технические показатели (например, трубчатые батареи ЭТТ) являются иными, чем они были 8 лет тому назад.

## **§ 3. Основные предпосылки и формулы для определения наивыгоднейшей величины состава поезда.**

Обозначим:

$P$  — сцепной вес электровоза в тоннах;

<sup>1)</sup> Инж. И. И. ЛИВШИЦ. Техничко-экономический расчет электровозной откатки. ОНТВУ, 1931 г.

- $n$  — количество вагонеток в составе;  
 $C_{гр}$  — вес груженой вагонетки в тоннах;  
 $C_{пор}$  — вес порожняковой вагонетки в тоннах;  
 $\mu$  — удельное сопротивление установившемуся движению в кг на тонну;  
 $i$  — уклон в ‰ (средний);  
 $F_{гр}$  — усилие, необходимое для перемещения груженого состава;  
 $F_{пор}$  — то же для порожнякового;  
 $L$  — средне-взвешенное расстояние откатки в метрах;  
 $T_1$  — период движения груженого состава в сек;  
 $T_2$  — то же для порожнякового;  
 $G$  — время, затрачиваемое на паузы и маневры в сек;  
 $J_{гр}$  — сила тока (на один мотор) для груженого состава;  
 $J_{пор}$  — то же для порожнякового;  
 $A$  — средне-сменная производительность откатки в тоннах;  
 $K$  — коэффициент неравномерности добычи;  
 $Q$  — емкость батареи в ампер-часах;  
 $\lambda$  — коэффициент, учитывающий расход энергии на маневры,  
 $v_{гр}, v_{пор}$  — установившиеся скорости движения груженого и порожнякового состава.

Усилия, необходимые для перемещения груженого и порожнякового составов при установившемся движении, будут:

$$F_{гр} = (P + n G_{гр}) (\mu - i) \text{ кг (1)}$$

$$F_{пор} = (P + n G_{пор}) (\mu + i) \text{ кг (2)}$$

Зависимость усилия на валу мотора (или на ободу колес) от силы тока в якоре можно считать прямолинейной, т. е. при-

$$\text{нять, что } \frac{F_{гр}}{2} = \alpha J_{гр} \text{ и } \frac{F_{пор}}{2} = \alpha J_{пор},$$

а зависимость скорости  $v_{гр}$  и  $v_{пор}$  от силы тока в якоре  $J_{гр}$  и  $J_{пор}$  можно без большой погрешности принять гиперболической, т. е.  $J_{гр} v_{гр} = J_{пор} v_{пор} = C$ , где  $C$  — const для данного типа двигателя.

Тогда выражения (1) и (2) могут быть представлены в виде:

$$2\alpha J_{гр} = (P + n G_{гр}) (\mu - i) \text{ (3);}$$

$$2\alpha J_{пор} (P + n G_{пор}) \mu + i \text{ (4)}$$

Выражения (3) и (4) можно представить в более удобном для дальнейшего анализа виде, а именно:

$$J_{гр} = \frac{P(\mu - i)}{2\alpha} + \frac{C_{гр}(\mu - i)}{2\alpha},$$

или

$$I_{зр} = i_1 + I_1 n \quad (5)$$

и, по аналогии,

$$I_{нор} = i_2 + I_2 n \quad (6)$$

Здесь

$$i_1 = \frac{P(\mu - i)}{2\alpha}, \quad i_2 = \frac{(\mu + i)}{2\alpha},$$

$$I_1 = \frac{C_{зр}(\mu - i)}{2\alpha} \quad \text{и} \quad I_2 = \frac{C_{нор}(\mu + i)}{2\alpha} \quad 1)$$

—величины, постоянные для принятого типа электровоза и заданных условий откатки (уклон  $i^0/00$ ).

Физически  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $I_1$  и  $I_2$  представляют из себя приходящиеся на один мотор силы тока, необходимые для передвижения с установившейся скоростью: самого электровоза под уклон, его же на нормальный подъем, груженой вагонетки под уклон и порожняковой—на нормальный подъем.

Периоды движения груженого и порожнякового составов, с учетом времени на разбег и замедление в конце хода, могут быть представлены в виде:

$$T_1 = \frac{L}{b_{зр}} + 30 \text{ сек} \quad \text{или} \quad T_1 = \frac{L \cdot I_{зр}}{C} + 30 \text{ сек} \quad (7),$$

где  $L$  — в метрах  
и аналогично

$$T_2 = \frac{L I_{нор}}{C} + 30 \text{ сек} \quad (8)$$

Полный период рейса  $T = T_1 + T_2 + \Theta$ ,

или

$$T = \frac{L(I_{зр} + I_{нор}) + C(60 + \Theta)}{C} \text{ сек} \quad (9)$$

Количество рейсов при 6,5 часах чистой работы откатки в смену будет

$$n_p = \frac{6,5 \cdot 3600}{T},$$

или

$$n_p = \frac{23400 C}{L(I_{зр} + I_{нор}) + C(60 + \Theta)} \quad (10)$$

Сменная производительность электровоза в тоннах:

$$a = nq n_p = \frac{23400 C \cdot nq}{L(I_{зр} + I_{нор}) + C(60 + \Theta)}, \quad (11)$$

где  $q$  — емкость вагонетки в тоннах.

1) Если крепежного материала доставляется за смену значительное количество, в выражение для  $I_2$  необходимо ввести коэффициент 1,05—1,15.

Необходимое количество рабочих электровозов:

$$n_э = \frac{kA}{a} \text{ или } n_э = \frac{kA [L(I_{зр} + I_{нор}) + C(60 + \Theta)]}{23400 Cqn} \quad (12)$$

где  $k$  — коэффициент неравномерности добычи.

Если производится откатка породы, это обстоятельство должно быть учтено путем соответствующего увеличения  $A$ , например, коэффициентом 1,05.

Подставляя в выражение (12) вместо  $I_{зр}$  и  $I_{нор}$  их значения, определяемые выражениями (5) и (6), получим  $n_э$ , как функцию только от одной переменной:

$$n_э = \frac{kA [(I_1 + I_2)Ln + (i_1 + i_2)L + C(60 + \Theta)]}{23400 qnC} \quad (13)$$

или

$$n_э = \frac{kA(I_1 + I_2)L}{23400 Cq} + \frac{kA[(i_1 + i_2)L + C(60 + \Theta)]}{23400 Cqn} \quad (13 \text{ бис}),$$

где первый член правой части не зависит от  $n$ .

Для выбранного типа электровоза и вагонетки

$$\frac{I_1 + I_2}{23400 cq} = B = \text{const}; \quad B_1 = \frac{i_1 + i_2}{23400 Cq}$$

— тоже постоянная, равно как и  $\frac{C(60 + \Theta)}{23400 cq} = B_2$

(при выбранной организации откатки).

Тогда

$$n_э = kBAL + \frac{kB_1AL + kB_2}{n} = kA \left( BL + \frac{B.L + B_2}{n} \right) \quad (14)$$

К этому количеству необходимо прибавить 2 электровоза: один — в резерве и другой — в планово-предупредительном ремонте.

Величина вагонного парка, в зависимости от системы организации откатки

$$n_w = n(n_э + N), \quad (15)$$

где  $N$  — число составов, кроме составов, курсирующих с эл-во-зами. В величину  $N$  входит также парк, находящийся в запасе и ремонте, а также вагонетки в подготовительных забоях.

При встречающейся наичаще системе организации откатки величина вагонного парка без большой погрешности может быть принята равной:

$$n_w = 1,35.3.n.n_э \text{ или } n_w \cong 4nn_э, \quad (16)$$

что, после замены  $n_э$ , дает:

$$n_w = 4 kA (BLn + B_1L + B_2) \quad (17)$$

Средний разрядный ток батареи можно определить из выражения

$$I_{\text{сред}} = \frac{\lambda(2 I_{\text{гр}} T_1 + 2 I_{\text{пор}} T_2)}{T_1 + T_2 + \mu\Theta}, \quad (18)$$

где  $\mu$  — коэффициент, учитывающий, что в период пауз и маневров батарея работает только часть времени  $\Theta$ . Точное значение величины  $\mu$  определится, если известны продолжительности всех операций эл-воза на погрузочном пункте и в рудничном дворе, а также величина простоев на разминовках. Ориентировочно  $\mu = 0,5$ .

Емкость батареи в ампер-часах, в зависимости от силы среднего разрядного тока, определится по формуле Пейкерта:

$$Q_x = Q_5 \left( \frac{I_5}{I_{\text{ср}}} \right)^{n-1},$$

где  $Q_5$  и  $I_5$  — емкость и сила тока при пятичасовом режиме а  $n$  для батарей ЭТТ приблизительно 1,5 (точнее 1,56).

Продолжительность работы батареи без перезарядки (при непрерывной разрядке батареи)

$$t_{\text{раз}} = \frac{Q_x}{I_{\text{сред}}} \quad \text{или} \quad t_{\text{раз}} = \frac{Q_5 \sqrt{I_5}}{I_{\text{сред}}^{3/2}} \quad (19)$$

Выражение (19) является наиболее правильным для определения продолжительности разрядки батареи, так как оно учитывает зависимость емкости от силы разрядного тока, чего, к сожалению, не отражают другие, общепринятые у нас формулы для определения  $t_{\text{раз}}$ .

В действительности же батарея разряжается не непрерывно в период рейса: за время рейса, равное  $T_1 + T_2 + \Theta$ , она разряжается только  $T_1 + T_2 + \mu\Theta$  сек, так что истинная продолжительность разрядки будет не  $t_{\text{раз}}$ , а  $\frac{T_1 + T_2 + \Theta}{T_1 + T_2 + \mu\Theta} t_{\text{раз}}$ .

Обозначим его через  $T_{\text{раз}}$ .

Итак,

$$T_{\text{раз}} = \frac{Q_5 \sqrt{I_5} (T_1 + T_2 + \Theta)}{I_{\text{сред}}^{3/2} (T_1 + T_2 + \mu\Theta)} \quad (20)$$

При наичаще встречающихся на практике расстояниях откатки величина  $\frac{T_1 + T_2 + \Theta}{T_1 + T_2 + \mu\Theta}$  колеблется в пределах от 1,27

(при  $L = 1000$  м) до 1,11 (при  $L = 3000$  м). С достаточной степенью точности эта дробь может быть выражена через  $1,27 - \frac{L}{2 \cdot 10^4}$ , где  $L$  — в м. Тогда выражение (20) после соответствующих подстановок примет вид:

$$T_{раз} = B_3 \cdot \left\{ \frac{(I_1 + I_2)n + (i_1 + i_2) + C(60 + \mu\Theta)}{2\lambda [(i_1 + I_1n)^2 + (i_2 + I_2n)^2 + \frac{30C(I_1 + I_2)n}{L} + \frac{30C(i_1 + i_2)}{L}]} + \frac{C(60 + \mu\Theta)}{L} \right\}$$

где  $B_3 = (1,27 - 0,5 L \cdot 10^{-4}) Q_5 \sqrt{I_5}$  — величина постоянная для данного типа батареи и среднего расстояния откатки  $L$ .

Необходимое количество рабочих батарей:

$$n_6 = n_9 \left( 1 + \frac{8}{T_{раз}} \right), \quad (22)$$

где 8 — продолжительность (в часах) зарядки трубчатой батареи, включая время на остывание и газовыделение.

Итак,

$$n_6 = n_9 \left( 1 + \frac{8 \{ 2\lambda [(i_1 + I_1n)^2 + (i_2 + I_2n)^2 + \frac{30C(I_1 + I_2)n}{L} + \frac{30C(i_1 + i_2)}{L}] + \frac{C(60 + \mu\Theta)}{L} \}}{B_3 [(i_1 + I_2)n + i_1 + i_2 + \frac{30C(I_1 + I_2)n}{L} + \frac{30C(i_1 + i_2)}{L}]^{3/2}} \right) \quad (23)$$

Весьма сложное выражение для  $n_6$  можно упростить, обозначив коэффициенты при  $n^2$ ,  $n$ , а также свободные от  $n$  члены в числителе соответственно через  $a = I_1^2 + I_2^2$ ;  $b = 2 i_1 I_1 + 2 C_2 I_2 + \frac{30C(I_1 + I_2)}{L}$  и  $d = i_1^2 + i_2^2 + \frac{30C(i_1 + i_2)}{L}$  и свободные члены в знаменателе через  $f = i_1 + i_2 + \frac{C(60 + \mu\Theta)}{L}$ .

Тогда выражение (23) примет более простой вид:

$$n_6 = n_9 \left[ \left( 1 + \frac{8(2\lambda(an^2 + bn + d))^{3/2}}{B_3[(I_1 + I_2)n + f]^{3/2}} \right) \right] \quad (23 \text{ бис})$$

Дальнейшее упрощение выражения для  $n_6$  заключается в том, что, как показывает предварительный анализ дроби в выраже-



нии 23 бис, для могущих встретиться на практике случаев, выражение  $\frac{an^2 + bn + d}{(I_1 + I_2)n + f}$  может быть заменено (с ошибкой, не превышающей 1—1,5%, т. е. лежащей в пределах точности расчета) выражением  $gn + h$ , где

$$g = \frac{a}{I_1 + I_2} \quad (24)$$

и

$$h = \frac{b(I_1 + I_2) - af}{(I_1 + I_2)^2} \quad (25)$$

Окончательное выражение для  $n_6$  будет:

$$n_6 = \frac{KAL \left( Bn + B_1 + \frac{B_2}{L} \right) \left[ 1 + \frac{8 \cdot 2\lambda^{3/2}}{B_3} (gn + h)^{3/2} \right]}{n} \quad (26)$$

К полученному количеству батарей надо прибавить резерв в 1—2 батареи, в среднем 20%.

Число одновременно заряжаемых батарей

$$n'_6 = n_6 - n_2 \quad (27)$$

Число зарядных столов  $n_{зс}$  будет, как минимум,  $n'_6 + 2$  или

$$n_{зс} = \frac{8(2\lambda)^{3/2} KAL}{B_3 \cdot n} \left( Bn + B_1 + \frac{B_2}{L} \right) (gn + h)^{3/2} + 2 \quad (28)$$

Число ртутных выпрямителей  $n_{рв}$  будет, очевидно, равно числу зарядных столов, т. е.  $n_{рв} = n_{зс}$ .

Столько же, очевидно, будет комплектов распределительной аппаратуры и мелкого оборудования для ртутников и столов (распределительных ящиков ЯАГ-200 или АКГ-3, ящиков П-60 или ПБГ-2, муфт концевых и тройниковых, штепселей, кабелей, измерительных приборов и т. д.).

Мощность трансформатора зависит от количества одновременно заряжаемых батарей и от стадии их зарядки (начало, середина, конец).

Мощность, потребляемая ртутным выпрямителем ЗВН-100 при начальной стадии зарядки батареи, равна около 10 квт.

Типовая мощность трансформатора

$$P_{тр} = 1,46 \cdot 0,8 \cdot 10 \cdot n'_6 \text{ KVA}, \quad (29)$$

где 0,8 — коэффициент, учитывающий неодинаковость стадий зарядки различных батарей.

По существующим правилам, кроме рабочего трансформатора, должен быть резервный.

Количество ящиков высокого напряжения не зависит от числа ртутных выпрямителей, а, значит, и от числа одновременно за-

ряжаемых батарей, а потому в основное уравнение для определения минимума годовых расходов по откатке стоимость их амортизации и ремонта входить не будет.

От количества одновременно заряжаемых батарей или, что то же, от количества зарядных столов, зависят размеры гаража и зарядной камеры.

Общая длина гаража и зарядной камеры:

$$L_{зк} = (l_{зс} + 1000)(n_{зс} + 2l_{зс} + 20000 \text{ мм}^1) \quad (30)$$

При стандартной длине стола  $l_{зс} = 3000 \text{ мм}$

$$L_{зк} = 4 n_{зс} + 26 \text{ м}$$

или

$$L_{зк} = 4 n'_{\sigma} + 34 \text{ м.} \quad (31)$$

При ширине зарядной камеры (гаража) 3,7 и высоте 3,5 м объем ее будет

$$V_{зк} = (4 n'_{\sigma} + 34) \cdot 3,7 \cdot 3,5 = 52 n'_{\sigma} + 440 \text{ м} \quad (32)$$

Кубатура преобразовательной подстанции, в зависимости от количества ртутных выпрямителей, может быть представлена в виде:

$$V_{пн} = 0,8' (n'_{\sigma} + 2 + 1) 4 \cdot 3^2 = 9,72 n'_{\sigma} + 29,2 \text{ м}^3, \quad (33)$$

где 4 м — ширина камеры, 3 м — ее высота. Эти цифры — средние для установок с трансформаторами от 100 до 180 *kva*. Наконец, величина состава будет оказывать влияние на стоимость вторых путей у погрузочных пунктов, а при однокольном пути — на стоимость разминок.

Длина второго пути у погрузочного пункта, в зависимости от величины состава, будет:

$$l_n = 2 n l_w + 30 \text{ м,} \quad (34)$$

где  $l_w$  — длина вагонетки, включая и сцепку.

В частности, для стандартных 2-тонных и 3-тонных вагонеток имеем:

для 2-тонных  $l_w = 2,810 \text{ м}$  (без сцепки) и 3 м со сцепкой,

для 3-тонных  $l_w = 3,284 \text{ м}$  (без сцепки) и 3,5 м со сцепкой.

При числе погрузочных пунктов  $n_{пн}$ , длина вторых путей на погрузочных пунктах, как функция состава поезда, будет:

$$L_n = 2 l_n n_{пн} = 2 n \cdot n_{пн} \cdot l_w + 30 n_{пн} \text{ м} \quad (35)$$

Количество разминок при однокольном пути зависит от числа крыльев в шахте и от числа работающих электровозов.

<sup>1)</sup> „Типовое эл.-механическое оборудование каменноугольных шахт“. ОНТИ, 1935 г.

<sup>2)</sup> Там же.

При однокрылой шахте количество разминок  $n$  — 1; при двухкрылой  $n_2$  — 2. При длине разминки  $nl_w + 30$  м общая длина разминок для нормального типа шахты, т. е. двухкрылой, будет

$$L_p = (nl_w + 30) (n_2 - 2) \text{ м} \quad (36)$$

Суммарная длина вторых путей на разминках и погрузочных пунктах

$$L_p + L_n = (2nl_w + 30) (n_2 + n_{nn} - 2) \text{ м} \quad (37)$$

#### Ежегодные эксплуатационные расходы.

Эксплуатационные расходы, как известно, слагаются из амортизационных отчислений, расходов по ремонту, стоимости работы, энергии, смазки и обтирочных материалов.

Расходы на амортизацию и ремонт оборудования, камер и выработок, зависящие от величины состава поезда, сведены в таблицу 1.

Таблица 1

№№ п/п.	Объекты капитальных затрат	Стоимость единицы с провозом и монтажом в рублях	Ежегодные эксплуатационные расходы		Всего по амортизации и ремонту
			В % от стоимости		
			Амортиз. %	Ремонт %	
1	Электровозы .	$A_2$	12	5	$0,17 A_2 (n_2 + 2)$
2	Батареи ЭТТ .	$B$	50	10 <sup>1)</sup>	$0,60 B (n_2 + 2)$
3	Зарядные столы и их оборудован.	$B_{зс}$	10	3	$0,13 B_{зс} (n_2 + 2)$
4	Ртутные выпрямители с комплектами оборудования для них .	$B_b$	10	5 <sup>2)</sup>	$0,15 B_b (n_2 + 2)$
5	Трансформаторы к выпрямителям . . . . .	$1,46.0,8.10 \beta^3$	10	2	$2,8 \beta n_2$
6	Вагонный парк	$A_w$	20	15 <sup>4)</sup>	$0,35.4.A_w n. n_2$
7	Зарядная и умформерная (включая камеру для электролита)	$D$ руб. $M^3$	$r^5$	2	$\frac{(r+2)}{100} D (61,8 n_2 + 469)$
8	Разминки и вторые пути погрузочных пунктов	$E$ руб. пог. м.	$r^6$	5	$\left(\frac{r'+5}{100}\right) E (2n l_n + 30) (n_2 + n_{nn} - 2)$

1) С учетом промывки и смены электролита.

2) Включая замену колб.

3) " стоимость 1 KVA

4) " чистку и смазку

5) В зависимости от срока существования горизонта.

6) В зависимости от срока существования горизонта.

## Рабочая сила.

а) По обслуживанию электровозов.

Машинистов 4 чел. в сутки на электровоз по  $m_1$  руб.: в смену всего 4  $m_1$  руб. в сутки.

Помощников 4 чел. в сутки на электровоз по  $m_2$  руб. в смену всего 4  $m_2$  руб. в сутки

Примечание: Суточное количество людей определяется из расчета 25 рабочих дней в месяц и месячного отпуска. Отсюда суточный состав персонала

$$3. \frac{30.12}{25.11} \cong 4 \text{ человека}$$

Принимая начисления на зарплату 100%, включая сюда и премиальные, получим ежегодные расходы на рабочую силу по электровозному парку 8 ( $m_1 + m_2$ ). 345  $n_3$  руб. или

$$2760 (m_1 + m_2) n_3 \text{ руб. в год} \quad (38)$$

в) По обслуживанию зарядной.

Обычно на каждые 3—4 заряжаемых батареи полагается одна зарядчица.

Примем одну зарядчицу на 3 батареи для обеспечения лучшего контроля над процессом зарядки.

$$\text{Число зарядчиц в сутки} \frac{4 \cdot n^1_6}{3}$$

При оплате смены  $p$  руб., ежегодные расходы на оплату зарядчиц, включая и начисления на зарплату и премии за хорошее содержание батарей

$$\frac{2.4 n_6}{3} p. \text{ 345 руб. или } 920 p. n^1_6 \text{ руб. в год} \quad (39)$$

Расходы на старшего в депо, на дежурного в умформерной и на заведующего транспортом (где таковые имеются) от количества электровозов и батарей прямо не зависят.<sup>1)</sup>

## Энергия.

При длительности зарядки 8 часов (включая один час на остывание и газовыделение) и длительности разрядки  $T_{раз}$ , длительность цикла будет  $(8 + T_{раз})$  час. На каждую батарею при-

$$\text{ходится в сутки} \frac{24}{8 + T} \text{ циклов.}$$

<sup>1)</sup> Фактически, при большом электровозном и аккумуляторном парке обычно бывает и увеличенный штат командного состава.

Расход энергии на каждую зарядку

$$E = \frac{1,05 Q \cdot wh}{\eta_{wh} \eta_{pT} \eta_c} \cdot kwh$$

где  $Qwh$  — емкость батарей в  $kwh$  (при 5 часовом режиме зарядки).

1,05 — коэф., учитывающий некоторую перезарядку.

$\eta_{wh}$  — ватт-часовой коэф. полезного действия, для свинцовой батареи 0,75.

$\eta_{pT}$  — коэф. полезного действия преобраз. установки, равный 0,70

$\eta_c$  — коэф. полез. действия высококов. сети, равный 0,95.

Годовая стоимость энергии, расходуемой на зарядку батареи при стоимости 1  $kwh$  —  $S$  руб. будет:

$$E_{год} = \frac{1,05 Q}{\eta_{wh} \eta_{pT} \eta_c} \cdot \frac{24}{8 + T_{раз}} \cdot 345 S n^1_6 \quad (40)$$

Расходы на смазочный и обтирочный материал для электровозов и батарей принимаем в размере 5% от стоимости энергии. Тогда суммарный расход на энергию и смазку будет (после подстановки значений  $\eta$ )

$$E^1 = \frac{18240 Q \cdot S n^1_6}{8 + T_{раз}} \text{квт-час в год} \quad (41)$$

Необходимо оговориться, что вообще расходы на энергию и смазку электровозов составляют ничтожный процент (обычно менее 5%) от общих расходов по откатке. Колебания же расхода энергии и смазки в зависимости от величины состава, а значит — и стоимости их будут ничтожны по сравнению с такими статьями расходов, как рабсила и батарейный или вагонный парк. Поэтому в дальнейшем при определении минимума годовых расходов величину  $E^1$  мы в уравнение не вводим.

#### § 4. Условие для наивыгоднейшего состава поезда при аккумуляторной откатке.

Обозначим через  $Z$  суммарные ежегодные расходы по эксплуатации. Для получения значения  $n$ , при котором ежегодные эксплуатационные расходы будут минимальными, нужно взять первую производную от  $Z$  по  $n$  и, приравняв ее нулю, решить полученное уравнение относительно  $n$ . При этом, чтобы не усложнять и без того очень сложного выражения для  $Z$ , мы сразу отбросим члены, независимые от  $n$ ,  $n_2$ ,  $n_6$  и т. д., так как производные от этих величин обратятся в нули.

При этом условии получим:

$$Z = 0,17 A_9 n_9 + 0,60 B n_6 + 0,13 B_{3c} n_1^6 + 0,15 B_b n_1^6 + 2,8 \beta n_6 + \\ + 1,4 A_w n n_9 + \frac{61,8}{100} (r+2) D n_1^6 + \frac{(r+5) E}{100} [2(l_w n n_9 + l_w n_{nn} n) \\ - 2 l_w n + 30 n_9] + 2760 (m_1 + m_2) n_9 + 920 p n_1^6 \quad (42)$$

После замены  $n_9$ ,  $n_6$  и  $n_1^6$  функциями от  $n$ , и приведения подобных членов, получим:

$$Z = KA (B_1 L + B_2) [0,17 A_9 + 0,6 B + \frac{30(r+5) E}{100} + 2760 (m_1 + \\ + m_2)] \frac{1}{n} + [1,4 A_w KABL + \frac{2(r+5) E l_w}{100} (KABL + n_{nn} - 2)] n + \\ + [0,13 B_{3c} + 0,15 B_b + 0,6 B + 2,8 \beta + \frac{61,8(r+2) D}{100} + 920 p] \times \\ \frac{(2\lambda)^{3/2}}{B_3} \cdot 8 KABL (gn+h)^{3/2} + \frac{8 \cdot (2\lambda)^{3/2} KA (BL_1 + B_2)}{B_3} \cdot \\ \cdot (0,13 B_{3c} + 0,15 B_b + 0,6 B + 2,8 \beta + \frac{61,8(r+2) D}{100} + 920 p) \cdot \\ \cdot \frac{1}{n} (gn+h)^{3/2} \quad (43)$$

Обозначим коэффициенты при  $n$  соответственно через  $M$ ,  $N$   $R$  и  $R^1$ . Ур-ние (43) примет вид

$$Z = \frac{M}{n} + Nn + R (gn+h)^{3/2} + \frac{R^1}{n} (gn+h)^{3/2} \quad (44)$$

Берем первую производную от  $Z$  по  $n$  и приравняем ее нулю:

$$\frac{dz}{dn} = -\frac{M}{n^2} + N + 1,5 g R (gn+h)^{1/2} + \frac{1,5 g R^1 n (gn+h)^{1/2}}{n^2} - \\ - \frac{R^1 (gn+h)^{3/2}}{n^2} = 0 \quad (45)$$

После освобождения от знаменателя ур-ние (45) можно представить в виде:

$$(gn+h)^{1/2} (1,5 g R n^2 + 0,5 g R^1 n - R^1 h) + Nn^2 - M = 0 \quad (46)$$

Решая полученное ур-ние одним из общеизвестных методов (например, подбором корней), найдем интересующее нас значение  $n$ . Так как  $n$  может быть только целым числом, очевидно, при решении ур-ния (46) надо взять ближайшее целое число, наиболее близко удовлетворяющее уравнению (46).

## § 5. Пример.

Дано: Сменная производительность горизонта	$A = 1000 \text{ м}$
Коэффициент неравномерности добычи	$K = 1,15$
Средне-взвешенное расстояние откатки	$L = 2000 \text{ м}$
Электровоз типа ЗАР-113 со сцепным весом	$P = 6,5 \text{ т}$
Емкость вагонетки	$q = 2,0 \text{ т}$
Мертвый вес вагонетки	$G_n = 1,2 \text{ т}$
Средний уклон путей	$i = 3^{\circ}/_{00}$
Удельное сопротивление при установившемся движении	$W = 8 \text{ кг/т}$
Коэффициент, учитывающий расход энергии на маневры	$\lambda = 1,15$
Емкость аккумуляторной батареи ЭТТ-250	$Q = 250 \text{ Ач}$
Длительность маневров и пауз	$\Theta = 600 \text{ сек}$
Срок существования горизонта	$10 \text{ лет.}$
Число погрузочных пунктов	$n_{пп} = 6$

### Ход расчета.

1. Определяем  $\alpha$ ; по паспортным данным мотора ГР—10 при

$$F = 125 \text{ кг. } J = 35 \text{ А, откуда } \alpha = \frac{F}{J} = 3,67 \text{ кг/А.}$$

2. Определяем  $C$ ; при  $J = 35 \text{ А, } V = 2,8 \text{ м/сек,}$   
откуда  $C = Iv = 35 \cdot 2,8 = 98$

3. Находим  $i_1, i_2, J_1, J_2$ :

$$i_1 = \frac{6,5 (8-3)}{2 \cdot 3,67} = 4,43 \text{ А}$$

$$i_2 = \frac{6,5 \cdot (8+3)}{2 \cdot 3,67} = 9,73 \text{ А}$$

$$J_1 = \frac{3,2 \cdot (8-3)}{2 \cdot 3,67} = 2,18 \text{ А}$$

$$J_2 = \frac{1,2 \cdot (8+3)}{2 \cdot 3,67} = 1,53 \text{ А}$$

4. Определяем коэффициенты  $B, B_1, B_2$  и  $B_3$

$$B = \frac{J_1 + J_2}{23400 Cq} = \frac{2,18 + 1,53}{23400 \cdot 98 \cdot 2} \cong 8,1 \cdot 10^{-7},$$

$$B_1 = \frac{i_1 + i_2}{23400 Cq} = \frac{4,43 + 9,73}{23400 \cdot 98 \cdot 2} = 30,8 \cdot 10^{-7},$$

$$B_2 = \frac{60 + \Theta}{23400 q} = \frac{60 + 600}{23400 \cdot 2} = 1,41 \cdot 10^{-2}$$

$$B_3 = (1,27 - 0,5 \cdot L \cdot 10^{-4}) Q_5 \sqrt{J_5} = 250 \cdot \sqrt{50} (1,27 - 0,5 \cdot 2000 \cdot 10^{-4}) = 2068.$$

5. Находим коэффициенты  $\alpha$ ,  $b$ ,  $d$  и  $f$ .

$$a = J_1^2 + J_2^2 = 2,18^2 + 1,53^2 = 4,75 + 2,34 \cong 6,10$$

$$b = 2 i_1 J_1 + 2 i_2 J_2 + \frac{30 C (J_1 + J_2)}{L} = 2 \cdot 4,43 \cdot 2,18 + 2 \cdot 9,73 \cdot 1,53 + \\ + \frac{98 \cdot 30 \cdot (2,18 + 1,53)}{2000} = 19,31 + 29,77 + 5,45 = 54,53.$$

$$d = i_1^2 + i_2^2 + \frac{30 C (i_1 + i_2)}{L} = 4,43^2 + 9,73^2 + \\ + \frac{30 \cdot 98 (4,43 + 9,73)}{2000} = 135,1^1)$$

$$f = i_1 + i_2 + \frac{C (60 + \mu \theta)}{L} = 4,43 + 9,73 + \frac{98 \cdot 360}{2000} = 17,04.$$

6. Определяем коэффициенты при  $n$ :

а) Коэффициент  $M$ .

По справочникам-ценникам находим, что  $A_s \cong 25000$

$B \cong 10000$  руб. Упряжку машинисту электровоза  $m_1$  принимаем 10 руб. и помощнику  $m_2$ —6 руб.

По условию  $r^1 = 10\%$ . Стоимость проходки погонного метра выработок для разминок и погрузочных пунктов примем  $E = 150$  руб.

$$\text{Тогда } M = KA (B_1 L + B_2) \left[ 0,17 A_s + 0,6 B + \frac{30 (r^1 + 5) E}{100} + \right. \\ \left. + 2760 (m_1 + m_2) \right] = 1,15 \cdot 1000 (30,8 \cdot 10^{-7} \cdot 2000 + 1,41 \cdot 10^{-2}) \\ [0,17 \cdot 25000 + 0,6 \cdot 10000 + \frac{30 \cdot 15 \cdot 150}{100} + 2760 \cdot 16] = 1283480.$$

в) Коэффициент  $N$

Стоимость двухтонной вагонетки  $A_w = 1300$  руб.

Длина  $l_w$  со сцепкой 3 м.

$$N = 1,4 KABL A_w + 2 \frac{(r^1 + 5) E \cdot l_w}{100} (KABL + n_{nn} - 2)$$

$$KABL = 1,15 \cdot 1000 \cdot 8,1 \cdot 10^{-7} \cdot 2000 = 1,863$$

$$1,4 KABL \cdot A_w = 1,4 \cdot 1,863 \cdot 1300 = 3380$$

$$N = 3380 + \frac{2 \cdot 15 \cdot 150 \cdot 3}{100} (1,863 + 6 - 2) = 3380 + 792 = 4172$$

1) Величина  $d$  потребуется при определении % ошибки, получающейся вследствие упрощения выражения для  $n^b$  и  $n^{1b}$



### с) Коэффициент $R$

Входящие в этот коэффициент величины частично уже найдены (например,  $KABL$  или  $B_3$ ). Остальные могут быть взяты из справочников. Так,  $B_{3c} = 1000$  руб.,  $B_b = 5000$  р.,  $\beta = 20$  руб.,  $r = 10\%$  (как и  $r^1$ ) и  $D = 100$  руб. за  $m^3$ . Упряжка зарядчицы  $P = 8$  руб. Тогда

$$R = \frac{8 KABL (2 \lambda)^{3/2}}{B_3} \left[ 0,13 B_{3c} + 0,15 B_b + 2,8 \beta + \frac{61,8 (r + 2) D}{100} + 920 P \right] = \frac{8 \cdot 1,863 (2 \cdot 1,15)^{3/2}}{2068}$$

$$[0,13 \cdot 1000 + 0,15 \cdot 5000 + 2,8 \cdot 20 + 61,8 \cdot 12 + 920 \cdot 8] \cong 226$$

### d) Коэффициент $R'$

Аналогично найдется и коэф.  $R^1$ , который отличается от  $R$  тем, что вместо  $8 KABL$  имеет множителя  $8 KA (B_1L + B_2)$  равный в данных условиях  $\cong 12,5 \cdot 8 KABL$

$$R^1_1 = 2840$$

7. Определяем коэффициент  $g = \frac{a}{J_1 + J_2}$  и свободный член

$$h = \frac{b (J_1 + J_2) - af}{(J_1 + J_2)^2}$$

$$g = \frac{6,1}{3,71} = 1,65 \text{ и}$$

$$h = \frac{54,53 \cdot 3,71 - 6,1 \cdot 17,64}{3,71^2} = 6,9.$$

8. Берем основное уравнение для минимума  $Z$ :

$$(gn + h)^{1/2} (1,5 gRn^2 + 0,5 gR^1n - R^1h) + Nn^2 - M = 0$$

9. После подстановки значений коэффициентов получим:

$$(1,65n + 6,9)^{1/2} (560n^2 + 2350n - 19600) + 4172n^2 - 1283480 = 0.$$

10. Решая данное уравнение подбором корней получим, что ближайшее целое число, наиболее удовлетворяющее уравнению,  $n = 13$ .

11. Определяем процент ошибки, возможной вследствие упрощения выражения для  $n_6$ , и  $n^1_6$ , т. е., сравнивая значения  $an^2 +$

$bn + d$  и  $[(gn + h) (J_1 + J_2) h + f]$ . Находим, что погрешность равна в данном случае

$$P = \frac{(1875 - 1868) 100}{1875} \cong 0,4\%$$

12. Находим основные элементы откатки.

а) Число электровозов

$$n_э = KABL + \frac{KAB_1L + KAB_2}{n} = 1,863 + \frac{1,863 \cdot 12,5}{13} \cong 3,65.$$

Фактически пришлось бы взять 4 рабочих электровоза.

Интересно отметить, что ближайшее большее число вагонеток, т. е. 14 в составе, тоже потребовало бы 4-х рабочих электровозов. Только при

$$n = \frac{1,863 \cdot 12,5}{3 - 1,863} \cong 20,5,$$

т. е. фактически как минимум при 20 вагонетках в составе можно было бы ограничиться 3 рабочими электровозами.

в) Вагонный парк  $n_w = 4 n_э$ . Теоретически  $n_w = 4 \cdot 13 \cdot 3,65 = 190$  вагонеток, фактически же при  $n_э = 4$   
 $n_w = 4 \cdot 13 \cdot 4 = 208$  вагонеток.

с) Средняя продолжительность разрядки батареи:

$$T_{раз} \frac{B_э}{(2\lambda)^{3/2} (gn + h)^{3/2}} = \frac{2068}{3,48 (1,65 \cdot 13 + 6,9)^{3/2}} \cong 3,96 \text{ часа}$$

или округлено 4 часа.

д) Количество рабочих батарей

$$n_д = n_э \left( 1 + \frac{8}{T_{раз}} \right)$$

$$n_д = 4 \left( 1 + \frac{8}{4,00} \right) = 12.$$

е) Число одновременно заряжаемых батарей

$$n'_д = 12 - 4 = 8$$

ф) Число зарядных столов и число ртутных выпрямителей по  $n'_д + 2$ , т. е. по 10 штук.

г) Типовая мощность т-ра

$$P_{тр} = 1,46 \cdot 0,8 \cdot 10 \cdot 8 = 93,44 \text{ ква}$$

Очевидно, можно принять трансформатор ТМРШ 100/6.

h) Кубатура зарядной камеры

$$V_{зк} = 52 \cdot 8 + 440 \text{ м} = 856 \text{ м}^3$$

Кубатура умформерной  $V_{nn} = 9,72.8 + 29,2 = 107 \text{ м}^3$

к) Длина вторых путей и разминок  
 $L_n + L_p = (2.13.3 + 30) (4 + 6 - 2) = 864 \text{ м.}$

л) Ежегодные расходы по рабочей силе (с начислениями на зарплату)  
 $2760.16.4 + 920.8.8 = 235520 \text{ руб.}$

м) Ежегодные расходы на энергию и смазку при стоимости  $kwh$  в 5 коп.

$$E' = \frac{18240.30.8.0,05}{8 + 4,00} \cong 18240 \text{ руб.}$$

Не подсчитывая по отдельным объектам ежегодные отчисления на амортизацию и ремонт, чтобы не загромождать статьи, приводим общую цифру для данного случая. Она выразится в сумме 227112 руб. Интересно отметить, что наибольшая сумма падает на вагонетки (94640 руб.) и на батареи (72000 руб.). На эти два объекта падает в настоящем случае 74% всех расходов по данной статье.

11) Стоимость тонно-километра

$$\frac{235520 + 18240 + 227112}{1000.3.345.2} = \frac{480872}{2070000} = 0,232 \text{ руб.}$$

или около 23,2 коп.—цифра вполне реальная.

13. Пользуясь приведенными в настоящей статье формулами, можно найти и остальные элементы откатки. Так, длительность рейса, включая и маневры

$$\begin{aligned} T &= \frac{L(i_1 + I_1 n + i_2 n) + (60 + \Theta)}{C} = \\ &= \frac{2000(14,16 + 3,71.13)}{98} + 660 \\ &= 1274 + 660 = 1934 \text{ сек.} \end{aligned}$$

Число рейсов в смену

$$n_p = \frac{23400}{1934} = \frac{23400}{1934} = 12,1$$

или, округленно, 12 рейсов.

Возможная сменная производительность электровоза

$$\alpha = 13.2.12 = 312 \text{ т,}$$

или

$$312 \times 2 = 624 \text{ т.км, а с учетом } k$$

только

$$\frac{624}{1,15} = 542 \text{ т-км}$$

Фактическая производительность  $\frac{1000 \cdot 2}{4} = 500$  т.км. Это цифра довольно высокая для аккумуляторного эл-воза.

Коэффициент использования электровоза  $\frac{500}{542} = 0,92$ , т. е. тоже довольно высокий.

Средний разрядный ток батареи:

$$I_{cp} = 4,43 + 2,18 \cdot 13 = 32,8 \text{ A}; \quad I_{пор} = 9,73 + 1,53 \cdot 13 = 29,6 \text{ A}$$

$$T_1 = \frac{L J_{cp}}{C} + 30 = 669 + 30 \cong 700 \text{ сек}$$

Аналогично  $T_2 = 634 \text{ сек}$ .

$$J_{cp} = \frac{2 \cdot 1,15 (32,8 \cdot 700 + 29,6 \cdot 634)}{700 + 634 + 0,5 \cdot 600} = 59 \text{ A с учетом пик во время}$$

пусков и маневров.

Средняя разрядная емкость батареи

$$Q_x = 250 \cdot \left( \frac{50}{59} \right)^{0,5} \cong 240 \text{ Ah}$$

В заключение рассмотрим, выгодно ли иметь состав 16 вагонеток при батарее ЭТГ—250, предполагая что при этом составе моторы эл-воза не будут перегружены. 1)

Можно *a priori* сказать, что этот состав будет менее выгоден, чем найденный нами.

Действительно, число рабочих эл-возов при  $n = 16$  останется прежним, т. е. 4, так как только при составе в 20 вагонеток можно ограничиться 3 рабочими эл-возами. 2) Таким образом выигрыша в рабочей силе нет. Зато увеличатся расходы на вагонный парк на 21840 руб., так как количество вагонеток будет теперь не 208, а  $4 \cdot 16 \cdot 4 = 256$ .

Время разрядки батареи уменьшится до 3,1 часа. Количество батарей возрастет до 14,35, т. е. в лучшем случае до 14.

На 2 увеличится количество зарядных столов и число ртутных выпрямителей. Удлинятся выработки.

Таким образом, с точки зрения экономики этот вариант будет совершенно не выгоден, так как при нем ежегодные расходы по эксплуатации возрастут на 38700 руб. при меньшем коэффициенте использования электровоза. Если бы моторы ГР—10 допускали при заданных условиях откатки состав в 20 вагонеток, то мы имели бы другую картину.

1)  $I_{cp}$  и  $I_{пор}$  в этом случае будут 39,3 и 34,2 А и  $J_{ср}$ , как показывают подсчеты, будет 33,5 А < 35 А.

2) Согласно формулы для  $n_a$ , при  $n = 16$  потребовалось бы 3,32 эл-воза, т. е. фактически те же 4, так как вряд ли можно еще сократить  $\theta$ . Кроме того, надо учесть перевозку людей к месту работы.

В этом случае существенно уменьшатся расходы на рабсилу по обслуживанию эл-возов на  $\frac{2760 \cdot 16 \cdot 4}{4} = 44160$  руб. и на амортизацию и ремонт их—на 4250 руб. Зато возрастут следующие статьи расхода:

а) Вагонный парк увеличится на  $4 \cdot 3 \cdot 20 - 208 = 32$  ваг. и расходы по нему на  $0,35 \cdot 1300 \cdot 32 = 14560$  руб.

б) Время разрядки уменьшится до 2,36 часа.

в) Количество рабочих батарей будет  $3 \left( 1 + \frac{8}{2,36} \right) = 13,2$

или в лучшем случае 13 штук.

Это даст приращение расходов еще на 6000 руб. в год.

г) Число ртутных выпрямителей и зарядных столов увеличится на 2, что дает еще приращение расходов на 1760 руб. в год. На 1483 руб. увеличатся расходы по амортизации и ремонту зарядной и умформерной и на 1755—по амортизации и ремонту разминок и вторых путей на погрузочных пунктах. Но все-таки в конечном счете имели бы экономии в 22862 рубля в год.

Правда, наряду с этим имели бы и некоторые неприятные моменты: необходимость трижды менять батареи в период смены, большой разрядной ток, а потому и более быстрый износ батарей и, наконец, трудность торможения подобного состава при наличии только ручного тормоза. Но при подобном составе мотора эл-воза ЗАР—113 длительно работать не могут.

Необходимо ставить вопрос о скорейшем внедрении в практику подземной электровозной откатки и, в частности, аккумуляторной, элетровозов более мощного типа <sup>1)</sup>, с большим сцепным весом (порядка 8—10 т), с пневматическим или электрическим торможением. Очевидно, что эти электровозы потребуют и батарей более емких, нежели ЭТТ—250. И все же для шахт-гигантов с производительностью в 2 милл. тонн в год и выше рентабельное решение вопроса об откатке аккумуляторными электровозами в качестве основной предпосылки требует более мощных элоктровозов и более мощных батарей. И более мощные электровозы, и более емкие батареи осваиваются заводами изготовителями. Угольная промышленность все настойчивее требует их, и есть все основания надеяться, что она их получит в самом ближайшем будущем.

---

<sup>1)</sup> Например, с моторами ДК ВООА 100/110 V, 7,6/8,5 квт, 100 А.