

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»

Горный институт
Кафедра горных машин и комплексов

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЛОКОМОТИВНОЙ ОТКАТКИ
АККУМУЛЯТОРНЫМИ ЭЛЕКТРОВОЗАМИ
С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРА**

Методические указания к лабораторной работе

Составитель В. М. Юрченко

Кемерово 2015

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В данном программном документе приводится описание программы «Аккумулятор» расчета локомотивной откатки с использованием аккумуляторных электровозов. Программа составлена на языке Бейсик.

2. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ

Программа «Аккумулятор» позволяет рассчитать число вагонеток в составе (Z) и число рейсовых аккумуляторных электровозов (NR) для разветвленной схемы локомотивной откатки с числом погрузочных пунктов (K) не более 10 шт.

Приведенный расчет локомотивной откатки предполагает, что электровозы не закреплены за погрузочными пунктами и поэтому исходными данными будут средневзвешенные показатели (длины откатки и уклоны пути). При большем удалении погрузочных пунктов расчет локомотивной откатки осуществляется для каждого маршрута отдельно.

Для этого программа «Аккумулятор» число погрузочных пунктов принимается равным единице ($K = 1$). Расчет повторяется столько раз, сколько погрузочных пунктов насчитывает схема локомотивной откатки.

3. ОПИСАНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Прежде чем приступить к расчету (или подготовке входных данных), необходимо произвести обследование выбора типа локомотива, его сцепной массы, типа вагонетки и их емкости.

Выбор типа локомотива производится согласно области применения (табл. 1) с учетом условной эксплуатации. Выбор сцепной массы локомотива и емкости вагонеток осуществляется согласно рекомендациям (см. рис. 1 и 2) и зависит от сменной нагрузки и длины откатки. При больших сменных нагрузках вагонетки предпочтительнее выбирать с данной разгрузкой типа ПС, ВДК, ВД. Такой выбор способствует увеличению пропускной способности околоствольного двора.

Таблица 1

Область применения перспективного ряда шахтных локомотивов

Категория шахт по газообильности (по метану)	Пологие и наклонные пласты				Крутые пласты			
	выработки				выработки			
	со свежей струей воздуха		с исходящей струей воздуха	тупиковые	со свежей струей воздуха		с исходящей струей воздуха	тупиковые
	магистральные	промежуточные (участковые)			магистральные	промежуточные (участковые)		
Негазовые и неопасные по пыли	К 10	К 10	К 10	К 10	К 10	К 10	К 10	К 10
	К 14				К 14			
	К 28				К 28			
Опасные по пыли или 1 и 2 категория по газу	АРП 10	АРП 7	АРП 7	АРП 7	АРП 10	АРП 7	АРП 7	АРП 7
	(В 10)				(В 10)			
	АРП 14				АРП 14			
	(В 14)				(В 14)			
	АРП 28				АРП 28			
	К 10	К 10			К 10	К 10		
	К 14				К 14			
К 28				К 28				
3 категории и сверхкатегорные	АРП 10	АРП 7	Д 8	АРП 7	АРП 10	Д 8	Д 8	Д 8
	(В 10)		АРВ 7		(В 10)			
	АРП 14				АРП 14			
	В 14				В 14			
	АРП 28				АРП 28			
Выбросоопасные или с сульфурными выделениями газа	Д 8				Д 8			
		АРВ 7	Д 8	АРВ 7		Д 8	Д 8	Д 8
	АРП 14		АРП 7		АРП 14			

Применяются с разрешения технического директора производственного объединения

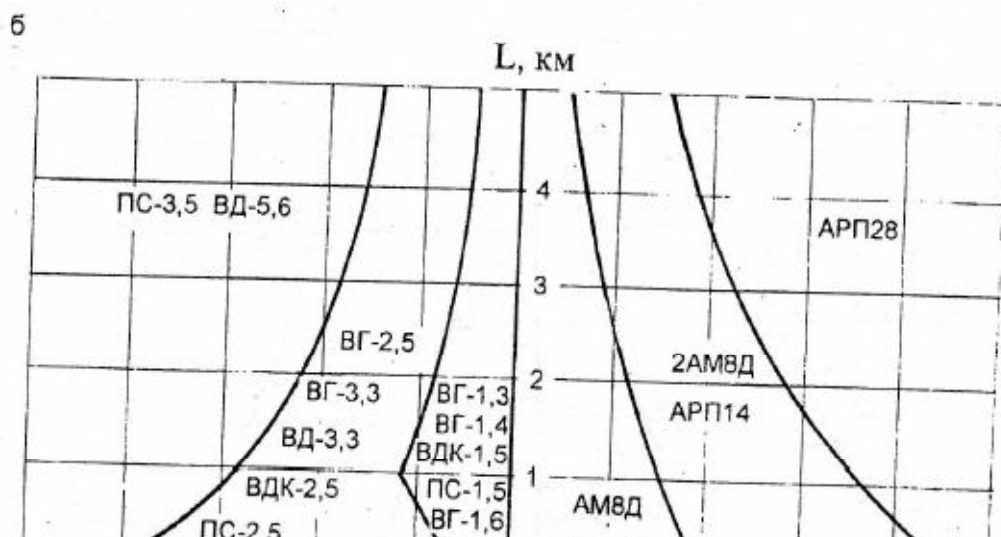
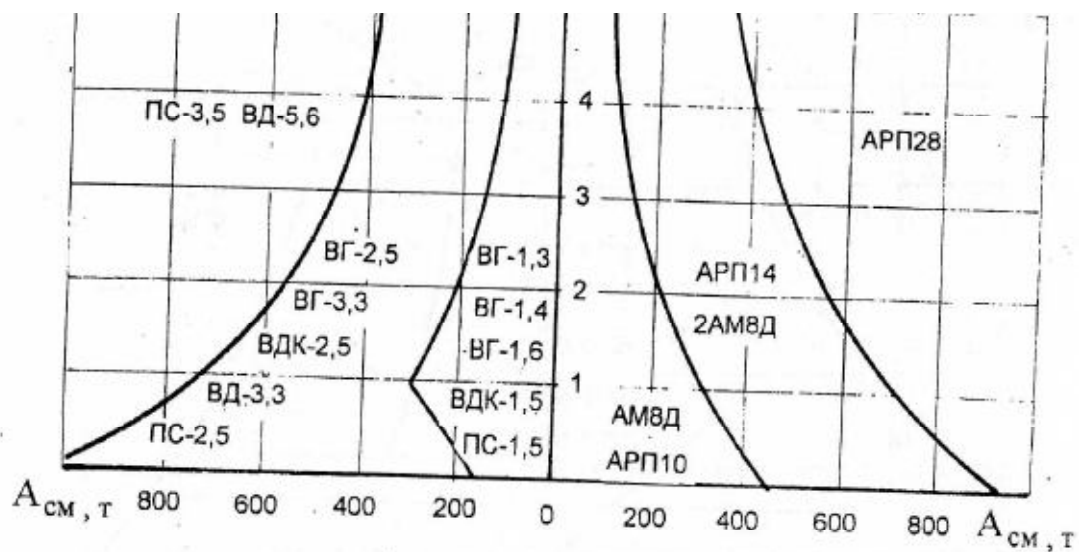
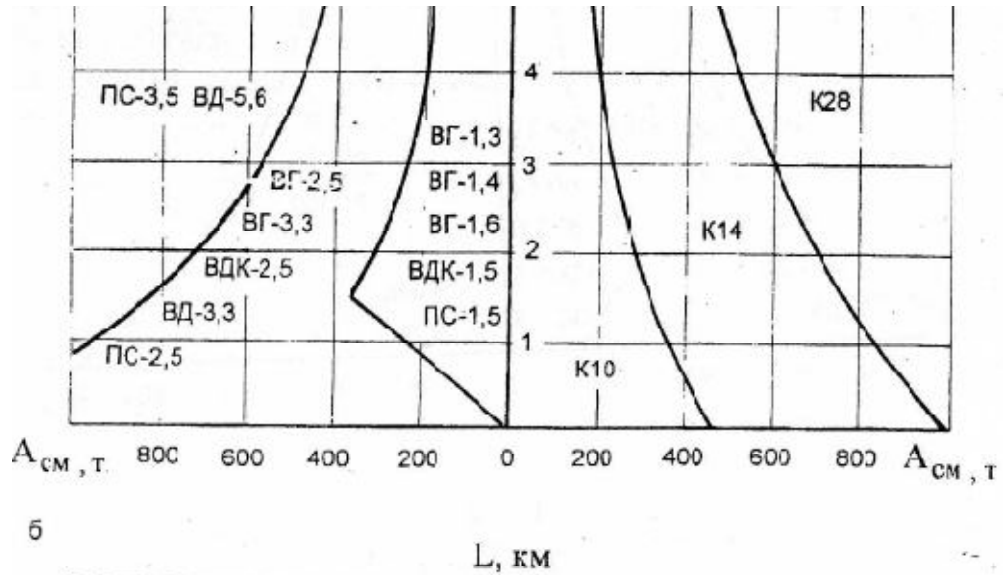


Рис. 1. Рациональные области применения аккумуляторных электровозов:

а – в двухпутной выработке;

б – в однопутной выработке



б

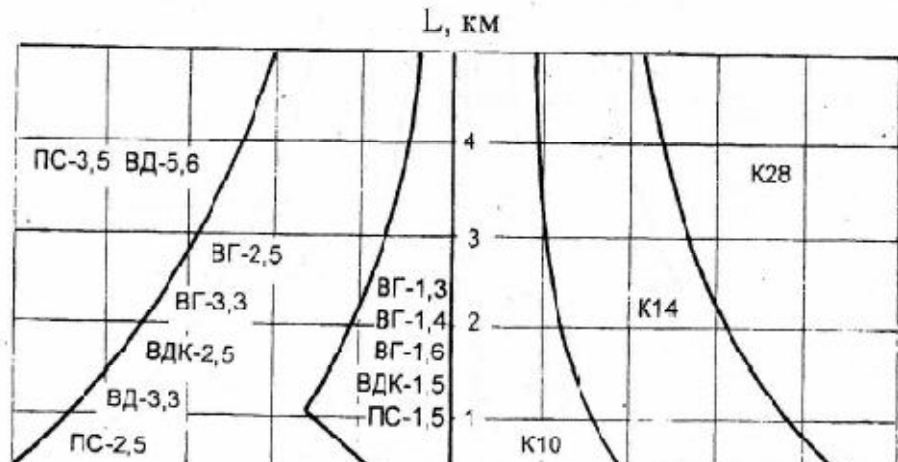


Рис. 2. Рациональные области применения контактных электровозов:

- а – в двухпутной выработке;
- б – в однопутной выработке

Порядок расчета локомотивной откатки аккумуляторными электровозами следующий.

Определяется средневзвешенный уклон пути

$$i_{св} = \frac{i_{cp1} \cdot A_{cm1} + i_{cp2} \cdot A_{cm2} + \dots + i_{cpi} \cdot A_{cmi}}{\sum_{i=1}^k A_{cmi}} = \frac{S_1}{S_2}, \% \quad (1)$$

Предельная масса порожнего поезда при трогании на средневзвешенном уклоне

$$m_{п} = \frac{1000 \cdot P_{сц} \cdot \psi_{тр}}{w_{п} + i_{св} + 108 \cdot a_{min}}, \text{ Т} \quad (2)$$

Предельная масса порожнего поезда при установившемся движении на руководящем уклоне

$$m_{\Pi} = \frac{1000 \cdot P_{\text{сц}} \cdot \psi_{\text{дв}}}{w_{\Pi} + i_p}, \text{ Т} \quad (3)$$

Из двух величин предельной массы порожнего поезда принимается меньшая и по ней определяется число вагонеток в составе

$$Z = \frac{m_{\Pi} - P_{\text{сц}}}{m_o + c_T \cdot m}, \text{ шт.} \quad (4)$$

Действительная масса порожнего поезда составит

$$m_{\Pi\Pi} = P + Z(m_o + c_T \cdot m), \text{ Т} \quad (5)$$

Учитывая тот фактор, что горная масса из проходческих забоев либо смешивается с углем, либо грузится в отдельные вагонетки, которые прицепляются к составу с углем, определяется приведенная грузоподъемность вагонетки:

$$m_{\text{пр}} = \frac{m}{1 - \left(\sum_{i=1}^k A'_{\text{см}i} / \left(\sum_{i=1}^k A_{\text{см}i} + \sum_{i=1}^k A'_{\text{см}i} \right) \right) (1 - m/m')} = \frac{m}{1 - (S_3/S_2 + S_3)(1 - m/m')}, \text{ Т} \quad (6)$$

Тогда действительная масса груженого (уголь с породой) поезда составит

$$m_{\Pi\Gamma} = P + Z(m_{\text{пр}} + m_o), \text{ Т} \quad (7)$$

Действительная сила тяги, которую должен развивать электровоз с данной нагрузкой (5) и (7) при движении: с грузом

$$f_{\Gamma} = m_{\Pi\Gamma} (w_{\Gamma} - i_{\text{св}}), \text{ даН} \quad (8)$$

и порожняком

$$f_{\Pi} = m_{\Pi\Pi} (w + i_{\text{св}}), \text{ даН} \quad (9)$$

По величине силы тяги f_{Γ} (f_{Π}) определяется действительная скорость движения груженого и порожнего поезда [2], которую способен развить тяговый электродвигатель:

$$V_{\Gamma(\Pi)} = a - b \cdot f_{\Gamma(\Pi)} + c \cdot f_{\Gamma(\Pi)}^2 - d \cdot f_{\Gamma(\Pi)}^3, \text{ км/ч} \quad (10)$$

В случае если расчет производится для спаренных электровозов 2АМ8Д и АРП28, величины f_{Γ} и f_{Π} , подставляемые в формулу (10), необходимо уменьшить в два раза. При расчетах без ЭВМ скорость $V_{\Gamma(\Pi)}$ может быть определена по электромеханическим характеристикам тяговых электродвигателей электровозов [2] или см. рис. 3-6.

Причем для пользования электромеханическими характеристиками величины f_{Γ} и f_{Π} необходимо разделить на число электродвигателей (для электровозов АМ8Д и АРП28 – разделить на 4).

Далее вычисляется допустимая скорость груженого поезда, исходя из условия соблюдения тормозного пути [L_T]:

$$V_{\text{доп}} = 3,6(\sqrt{(a_3 \cdot t_{\Pi})^2 + 2a_3 \cdot (L_T) - a_3 \cdot t_{\Pi}}), \text{ км/ч} \quad (11)$$

и замедления, создаваемого силами сопротивления движению и торможениями устройствами локомотива (колодочные и магнитные рельсовые тормоза):

$$a_3 = \frac{w_{\Gamma} - i_{\text{св}} + (1000 \cdot P \cdot \psi_{\text{тр}} + P_M \cdot \psi_{\text{тр}}) / m_{\text{пг}}}{108}, \text{ м/с}^2 \quad (12)$$

где $P_M = 6000$, даН на 1 метр – сила притяжения рельсового электромагнитного тормоза (при его наличии).

Для дальнейших расчетов принимается скорость груженого поезда $V_{\Gamma} < V_{\text{доп}}$ с целью соблюдения ПБ ($[L_T] = 40$ м). Если $V_{\Gamma} > V_{\text{доп}}$ то в дальнейших расчетах скорость груженого поезда принимается $V_{\Gamma} = V_{\text{доп}}$. На практике это достигается назначением режима движения (например, на участке пути ... двигаться с попеременным отключением электродвигателей или двигаться на участке ... после полной остановки поезда, или двигаться на участке ... с попеременным переключением электродвигателей с параллельного соединения на последовательное).

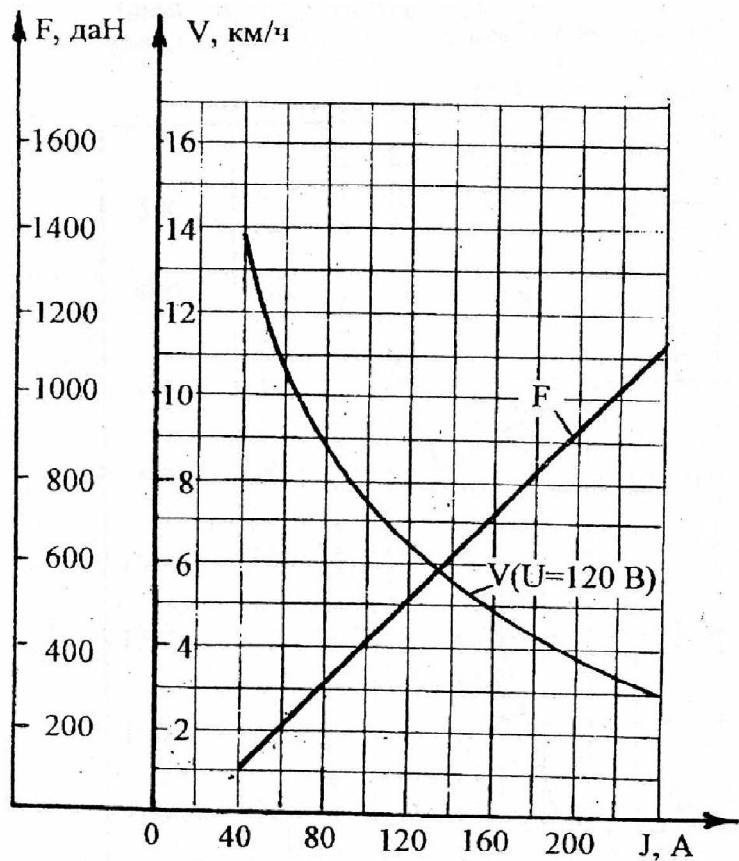


Рис. 3. Электромеханическая характеристика двигателя ДРТ-10 (АРП7, АРВ7)

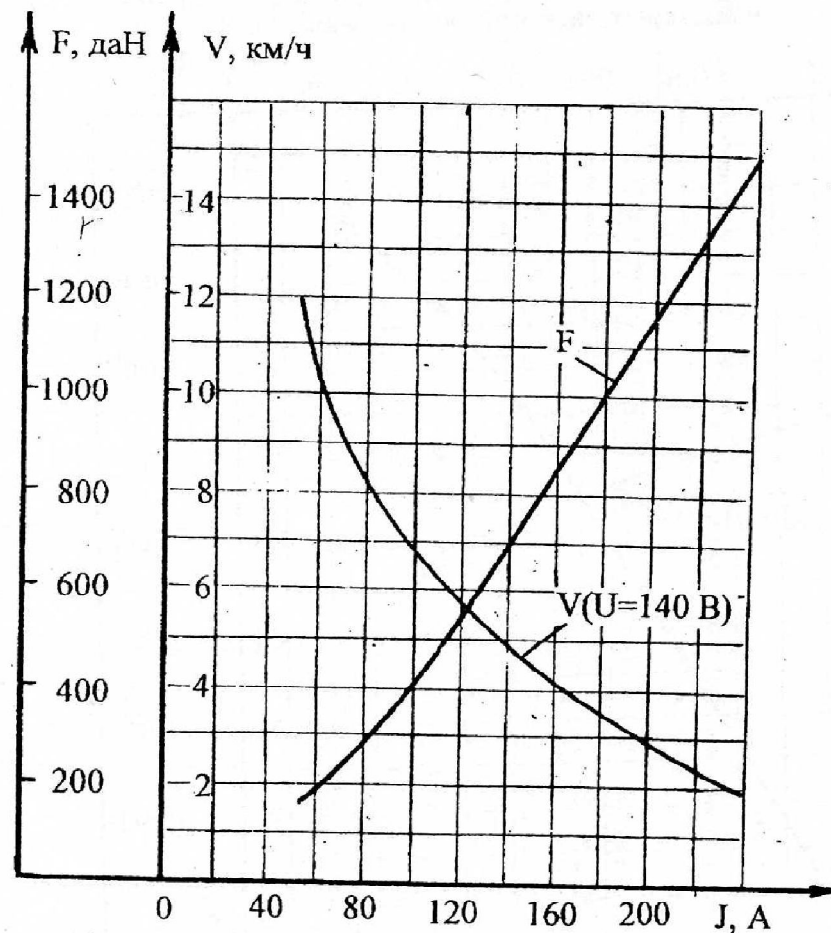


Рис. 4. Электромеханическая характеристика двигателя ДПТР-12 (АМ8Д)

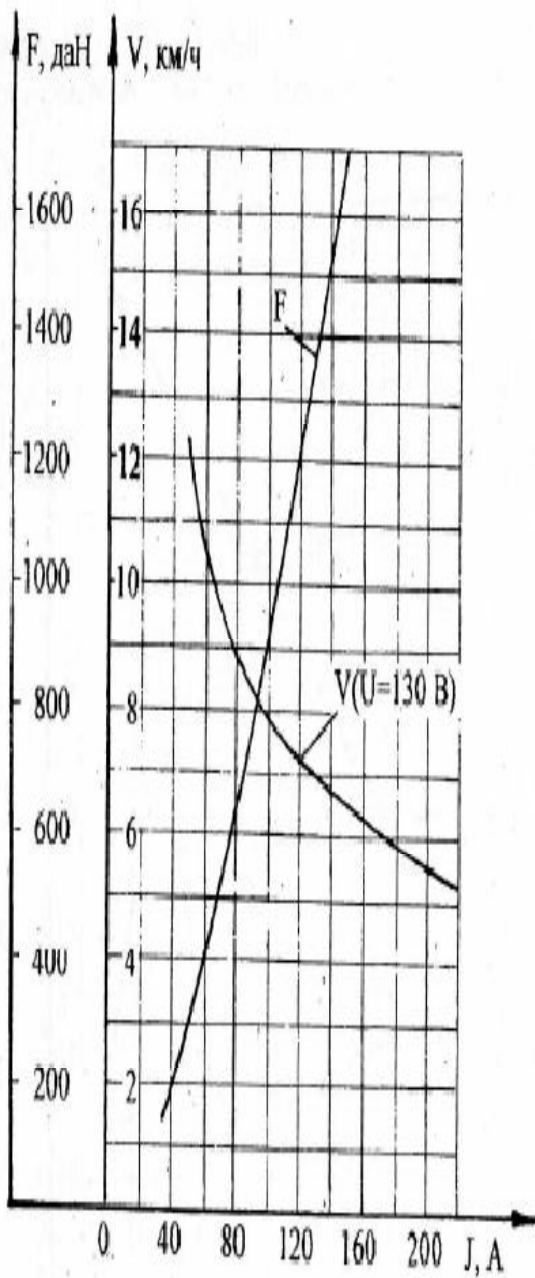


Рис 5 Электромеханическая характеристика двигателя ДРГЗ (АГ Ю)

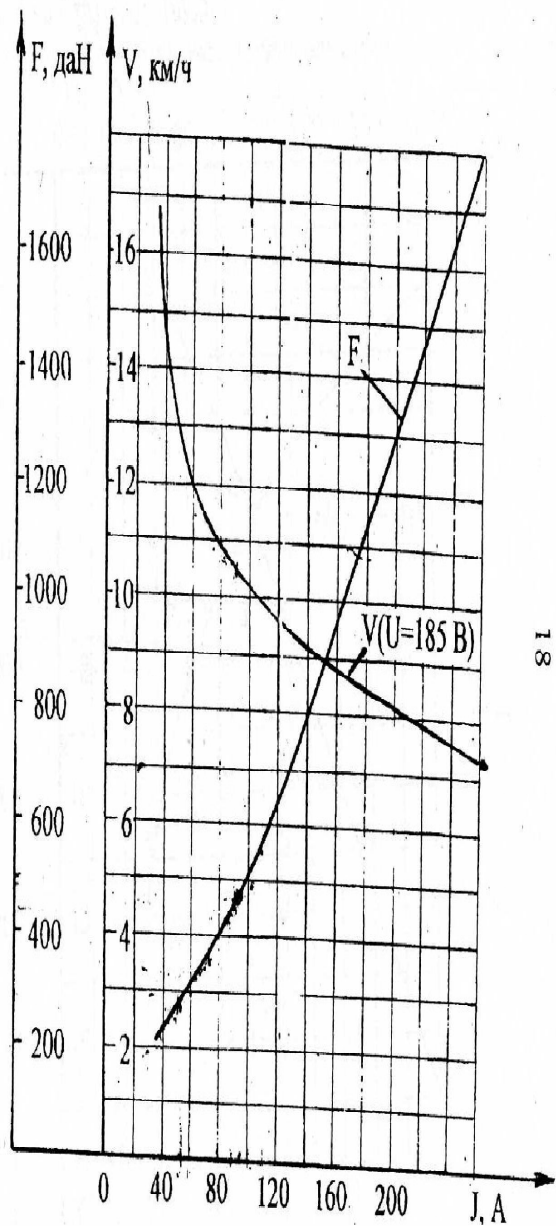


Рис 6 Электромеханическая характеристика двигателя ДРГЗ5 (АГ Ю)

По величине скорости движения поезда $V_{\Gamma(\Pi)}$ определяется ток, потребляемый тяговым электродвигателем:

$$I_{\Gamma(\Pi)} = a' - b' \cdot V_{\Gamma(\Pi)} + c' \cdot V_{\Gamma(\Pi)}^2 - d' \cdot V_{\Gamma(\Pi)}^3, \text{ А} \quad (13)$$

Далее производится проверка принятого числа вагонеток по нагреву тяговых электродвигателей. Электродвигатель не перегревается, если $I_3 \leq I_{\text{дл}}$. Ток длительный принимается по технической характеристике электровоза (см. **рис. 3-4**), а ток эквивалентный определяется по формуле

$$I_3 = 1,15 \sqrt{\frac{I_{\Gamma}^2 \cdot t_p + I_{\Pi}^2 \cdot t_x}{T}}, \text{ А} \quad (14)$$

Продолжительность рейса T состоит из времени движения состава вагонеток с грузом и порожняком и времени пауз на рейс (времени, затрачиваемого на маневровые и погрузочные-разгрузочные операции), т.е.

$$T = t_p + t_x + O_{\text{ц}}, \text{ мин} \quad (15)$$

Определяется время движения состава вагонеток с грузом и порожняком

$$t_{p(x)} = \frac{60 \cdot L_{\text{св}}}{0,75 \cdot V_{\Gamma(\Pi)}}, \text{ мин} \quad (16)$$

При ориентировочном определении времени пауз $O_{\text{ц}}$ на рейс в проектировочных расчетах можно принимать для составов вагонеток с глухим кузовом – $O_{\text{ц}} = 15 + 10 + (5 - 10) = 30 - 35$ мин. Соответственно длительность нахождения электровоза в околоствольном дворе, на погрузочном пункте, и длительность дополнительных остановок в местах пересечения транспортных магистралей для составов вагонеток с данной разгрузкой $O_{\text{ц}} = 10 + 10 + (5 - 10) = 25 - 30$ мин. При более точном определении времени пауз на рейс (например, при построении графика движения поезда по маршруту) следует суммировать время на выполнение отдельных маневровых операций: проезд одной или съезда 20 с, прицепка или отцепка электровоза 10 с, перемена хода электровоза 20 с, перевод централизованных стрелок и подготовка маршрута диспетчером 10 с. Скорость движения электровоза при выполнении маневров в околоствольном дворе и на погрузочном пункте следующая:

- в конце состава при заталкивании 1 м/с,

- в голове порожнего состава 1,5 м/с,
- в голове груженого состава 1,25 м/с,
- без состава 2 м/с,
- при прохождении стрелок и вентиляционных дверей 1–1,5 м/с,
- при разгрузке специализированных составов с донной разгрузкой 1 м/с,
- для смешанных составов вагонеток с донной разгрузкой 0,5 м/с.

Входящая в формулу (16) средневзвешенная длина откатки определяется следующим образом:

$$L_{св} = \frac{L_1 \cdot A_{см1} + L_2 \cdot A_{см2} + \dots + L_k \cdot A_{смк}}{\sum_{i=1}^k A_{смi}} = \frac{S_4}{S_2}, \text{ км} \quad (17)$$

Определяется средний ток электровоза, необходимый для вычисления электроэнергии, см. формулу (25):

$$I_{ср} = \frac{I_{Г} \cdot t_{п} + I_{П} \cdot t_{х}}{t_{п} + t_{х}}, \text{ А} \quad (18)$$

В результате проверки электродвигателя по нагреву может возникнуть случай, когда $I_{э} > I_{дл}$, что свидетельствует о перегреве. В такой ситуации возможны два решения: уменьшить число вагонеток в составе или принять локомотив с большей сцепной массой. Таким образом, после окончательного принятия числа вагонеток в составе определяется необходимое число рейсовых электровозов в смену:

$$N_{рейс} = \frac{1,5(\sum_{i=1}^k A_{смi} + \sum_{i=1}^k A'_{смi}) \cdot T}{360 \cdot Z \cdot m_{пр} \cdot K_{вм}} = \frac{1,5(S_2 + S_3) \cdot T}{360 \cdot Z \cdot m_{пр} \cdot K_{вм}} \quad (19)$$

Кроме того исходя из баланса времени смены определяется возможное число рейсов:

$$\tau = \frac{60T_o}{T} \quad (20)$$

Исходя из сменного грузопотока и емкости состава определяется необходимое число рейсов на вывоз груза:

$$\tau_{пр} = \frac{(\sum A_{смi} + \sum A'_{смi}) \cdot K_{н}}{Z \cdot R_3 \cdot V_{к} \cdot \gamma} \quad (21)$$

Если к полученному числу рейсов $\tau_{\text{пг}}$ добавить рейсы, необходимые для перевозки людей, материалов и оборудования $\tau_{\text{л}}$, то определяется полное число рабочих рейсов в смену:

$$\tau_{\text{п}} = \tau_{\text{пг}} + \tau_{\text{л}} \quad (22)$$

и число рабочих электровозов на шахте (откаточном горизонте):

$$N_{\text{р}} = \frac{\tau_{\text{п}}}{\tau} \quad (23)$$

Определяется также интервальное число электровозов

$$N_{\text{и}} = N_{\text{р}} + N_{\text{рез}} \quad (24)$$

Далее определяется расход электроэнергии на шинах переменного тока зарядного устройства:

за один рейс аккумуляторного электровоза

$$W_{\text{а}} = \frac{\alpha_{\text{э}} \cdot U_{\text{ср}} \cdot I_{\text{ср}} \cdot T}{6 \cdot 10^4 \cdot \eta_{\text{б}} \cdot \eta_{\text{зц}}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (25)$$

и за смену

$$W_{\text{с.а}} = W_{\text{а}} \cdot \tau, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (26)$$

Это позволяет определить удельный расход электроэнергии:

$$\delta = \frac{W_{\text{с.а}}}{\left(\sum_{i=1}^k A_{\text{см}i} + \sum_{i=1}^k A'_{\text{см}i} \right) \cdot L_{\text{св}}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{т} \cdot \text{км} \quad (27)$$

По этому показателю можно сравнивать между собой варианты оснащения электровозной откатки различным оборудованием. Средние величины удельного расхода электроэнергии находятся в пределах 0,075–0,5 кВт·ч/т·км. При локомотивной откатке аккумуляторными электровозами необходимо убедиться, что энергоемкость аккумуляторной батареи достаточна для работы в течение всей смены.

Определяется возможное число рейсов электровоза до полной разрядки аккумуляторной батареи (см. Приложение 1, табл. 1, 2 и 3)

$$\tau_{\text{раз}} = \frac{E}{\alpha_{\text{э}} \cdot U_{\text{ср}} \cdot I_{\text{ср}} \cdot T}. \quad (28)$$

Если выполняется условие $\tau < \tau_{\text{раз}}$, то замены батареи до конца смены не потребуется.

Если это условие не выполняется, то определяется необходимая энергоемкость батареи для работы электровоза в течение смены

$$E_1 = \frac{\alpha_{\text{э}} \cdot n \cdot U_{\text{р}} (I_{\text{Г}} \cdot t_{\text{р}} + I_{\text{П}} \cdot t_{\text{П}})}{60 \cdot 1000} \cdot \tau, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (29)$$

Исходя из необходимой энергоемкости аккумуляторной батареи определяется их число для всех рабочих электровозов:

$$m_{\text{р.б.}} = \frac{E_1}{E} \cdot N_{\text{р}}. \quad (30)$$

Учитывая, что на каждом электровозе установлена одна батарея (на электровозах 2АМ8Д и АРП14 – по две), общее число батарей составит

$$m_{\text{р.б.э.}} = m_{\text{р.б.}} + N_{\text{р}}, \quad (31)$$

а инверторное число батарей

$$m_{\text{сум}} = m_{\text{р.б.э.}} + 2N_{\text{рез}}. \quad (32)$$

Количество зарядных столов определяется из соображения, что число одновременно заряженных батарей равно числу рабочих электровозов:

$$n_{\text{ст}} = m_{\text{сум}} - N_{\text{р}} + n_{\text{рем}}. \quad (33)$$

Согласно нормативам для угольных шахт:

при $N_{\text{р}} \leq 10$ число зарядных столов для обмена и ремонта батарей $n_{\text{рем}} = 2$;

при $N_{\text{р}} > 10$ $n_{\text{рем}} = 4$.

4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАМЯТИ

Машинная переменная	Обозначение параметра	Наименование, единица измерения
IR	$i_{\text{р}}$	руководящий (максимально встречающийся) уклон пути, ‰
MP	$m_{\text{о}}$	масса порожней вагонетки
MU	m	грузоподъемность вагонетки (по углю), т
MR	m'	грузоподъемность вагонетки по породе, т
F	$\psi_{\text{тр}}$	коэффициент сцепления при трогании
	$\psi_{\text{дв}}$	коэффициент сцепления при движении
SP	$w_{\text{п}}$	коэффициент сопротивления движению порожней вагонетки, даН/т
SG	$w_{\text{Г}}$	коэффициент сопротивления движению

Машинная переменная	Обозначение параметра	Наименование, единица измерения
		груженной вагонетки, даН/т
	$O_{\text{ц}}$	время пауз на цикл (рейс), мин
	$t_{\text{п}}$	время подготовки тормозов к действию, с (состоит из времени реакции (1,4 с) машиниста и времени срабатывания тормозов, т. е. касания колодками бандажей колес. Время срабатывания ручного колodочного тормоза с однозаходным винтом 3,5 с
	$c_{\text{т}}$	коэффициент, учитывающий налипание груза, принимается 0,1–0,15
	a_{min}	минимальное ускорение поезда при трогании 0,04–0,05 м/с ²
FG	$f_{\text{Г}}$	действительная сила тяги, развиваемая электродвигателем при движении груженого поезда по средневзвешенному уклону (вниз), даН
FP	$f_{\text{П}}$	Действительная сила тяги, развиваемая электродвигателем, при движении поезда по средневзвешенному уклону (вверх) порожняком, даН
ISV	$i_{\text{св}}$	средневзвешенный уклон пути, ‰
LSV	$L_{\text{св}}$	средневзвешенная длина откатки, км
ASM	$A_{\text{сви}}$	сменная производительность погрузочного пункта по углю, т
ASM1	$A'_{\text{сви}}$	сменная производительность погрузочного пункта по породе, т
A1, B1,	a', b'	адреса ячеек памяти, в которых записаны коэффициенты уравнения для определения тока, потребляемого электродвигателем электровоза: АМ8Д, АРП7, АРП10 и АРП14 (см. формулу 13)
C1, D1	c', d'	
A, B, C, D	a', b', c', d'	адреса ячеек памяти, в которых записаны коэффициенты уравнения для определения скорости поезда с электровозами:

Машинная переменная	Обозначение параметра	Наименование, единица измерения
		АМ8Д, АРП7, АРП10 и АРП14 (см. формулу 10)
TR	T	продолжительность рейса (время цикла), мин
IEF	$I_{\text{э}}$	эквивалентный ток, А
S_1		вспомогательный параметр, см. формулу (1)
S_2		вспомогательный параметр, см. формулу (1)
Мп	$m_{\text{п}}$	минимальная масса порожнего поезда, принятая из двух величин, вычисленных по формулам (2) и (3), т
S_3		вспомогательный параметр, см. формулу (6)
V		минимальная скорость движения грузового поезда, принятая из двух величин, вычисленных по формулам (10) и (11), км/ч
S_4		вспомогательный параметр, см. формулу (16)
IDL	$I_{\text{дл}}$	сила тока электродвигателя в длительном режиме, А
NR	$n_{\text{эл.р}}$	число рейсовых электровозов, обеспечивающих вывоз угля и породы от погрузочных пунктов, шт.
NPP	K'	число погрузочных пунктов не более 10 шт., число марок электровозов, для которых рассчитана программа АМ8Д, АРП7, АРП10, АРП14 и другой, число коэффициентов в уравнении скорости (10) или тока (13) – 4
QPT	$m_{\text{п1}}$	предельная масса порожнего поезда при трогании на участке пути со средневзвешенным уклоном, т
QPD	$m_{\text{п2}}$	предельная масса порожнего поезда при установившемся движении на участке пути с руководящим уклоном, т

Машинная переменная	Обозначение параметра	Наименование, единица измерения
Z	Z	число вагонеток, определенное из наименьшей массы порожнего поезда, шт.
QP	$m_{\text{ПП}}$	действительная масса порожнего поезда, т
MUR	$m_{\text{пр}}$	приведенная грузоподъемность вагонеток, т
QG	$m_{\text{ПГ}}$	действительная масса груженого поезда, т
VG	V_{Γ}	действительная скорость движения груженого поезда, развиваемая тяговым электродвигателем, км/ч
VP	$V_{\text{П}}$	действительная скорость движения порожнего поезда, развиваемая тяговым электродвигателем, км/ч
IG	I_{Γ}	ток, потребляемый электродвигателем при движении груженого поезда, А
VD	$V_{\text{доп}}$	допустимая скорость груженого поезда, исходя из условий соблюдения тормозного пути (L_{T}), км/ч
IP	$I_{\text{П}}$	ток, потребляемый электродвигателем при движении порожнего поезда, А
	a_3	замедление поезда при торможении, м/с ²
TG	$t_{\text{р}}$	время движения поезда с грузом, мин
TP	$t_{\text{х}}$	время движения поезда порожняком, мин
	L_{T}	допустимый тормозной путь по ПБ, принимается 40 м и 20 м соответственно для перевозки грузов и людей
D(1)	L_i	расстояние от погрузочного пункта до околоствольного двора (длина маршрута, км, число погрузочных пунктов максимально равно 10)
U(1)	$i_{\text{ср}}$	средний уклон пути на маршруте,
U	U	рабочее напряжение аккумуляторной батареи, В
UR	$U_{\text{р}}$	среднеразрядное напряжение аккумуляторной батареи (определяется как произ-

Машинная переменная	Обозначение параметра	Наименование, единица измерения
		ведение числа аккумуляторов в батарее на 1,15 В)
SRU	$U_{\text{ср}}$	среднее напряжение аккумуляторной батареи (определяется как произведение числа аккумуляторов на 1,2 В)
EMK	E	энергоемкость аккумуляторной батареи, кВт·ч
EK	$V_{\text{к}}$	емкость кузова вагонетки, т
TAU	τ	число возможных рейсов, шт., для проектных расчетов принимается $T_0 = T_{\text{см}} - 0,5, \text{ч}$
TRG	$\tau_{\text{шт}}$	необходимое число рейсов для вывоза груза, шт.
$K_{\text{н}}$		коэффициент неравномерности поступления груза: 1,5 – при отсутствии аккумуляторных емкостей, но не ниже 1,2 – при наличии емкостей
X	$\sum_{i=1}^k A'_{\text{см}i}$	суммарный сменный грузопоток по породе, т
J	$\sum_{i=1}^k A_{\text{см}i}$	суммарный сменный грузопоток по углю, т
GN	γ	насыпная масса груза, т/м
R_3		коэффициент заполнения вагонетки принимается равным 1
TL	$\tau_{\text{л}}$	необходимое число рейсов для перевозки людей, шт.
PKR	$\tau_{\text{п}}$	полное число рейсов в смену, шт.
NR	$N_{\text{р}}$	число рабочих электровозов, шт.
NREZ	$N_{\text{рез}}$	число резервных электровозов (1 – при $N_{\text{р}} \leq 6$, при $7 \leq N_{\text{р}} \leq 12,4$ – при $N_{\text{р}} \leq 13$)
NI	$N_{\text{и}}$	инвентарное число электровозов, шт.
LR	$Q_{\text{р}}$	сменная производительность одного рабочего электровоза, т·км
LI	$Q_{\text{и}}$	сменная производительность одного инвентарного электровоза, т·км

Машинная переменная	Обозначение параметра	Наименование, единица измерения
ISP	$I_{\text{ср}}$	средний ток электровоза, А
WA	W_a	расход электроэнергии на шинах переменного тока зарядного устройства для выполнения одного рейса, кВт·ч
		$\eta_6 = 0,3$ – общий энергетический КПД аккумуляторной батареи, $\eta_{з.у} = 0,85–0,92$ – КПД зарядного устройства
	$\alpha_э$	коэффициент, учитывающий расход электроэнергии во время маневров и потери в реостатах (в расчетах коэффициент принят равным 1,15)
N	n	число тяговых электродвигателей на электровозе
WCA	$W_{\text{с.а}}$	расход электроэнергии при откатке аккумуляторными электровозами на шинах ЦППЗа смену, кВт·ч
SIGMA	δ	удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т·км
TRAZ	$\tau_{\text{раз}}$	возможное число рейсов электровоза до полной разрядки аккумуляторной батареи
AB	E_1	необходимая энергоемкость аккумуляторной батареи для работы электровоза в течение смены, кВт·ч
MRB	$m_{\text{р.б.}}$	потребное число рабочих батарей для всех рабочих электровозов, шт.
MO	$m_{\text{р.б.э.}}$	общее число батарей, шт.
MS	$m_{\text{сум}}$	инвентарное число батарей, шт.
PSC	$P_{\text{сц}}$	сменная масса локомотива, т
NST	$n_{\text{ст}}$	инвентарное число зарядных столов, шт.
NREM	$n_{\text{рем}}$	число зарядных столов, шт.

5. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Данное программное средство реализовано на компьютере типа IBM.

6. ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Входные и выходные данные, а также их обозначения приведены в разделе 4. Входные данные характеризуют условия локомотивной откатки. При подготовке входных данных следует пользоваться таблицами 1–5 приведенными в конце настоящих методических указаний и научно-технической литературе. Входные данные характеризуют режим работы и параметры локомотивной откатки (см. текст программы «Результаты»).

Таблица 2

Значения коэффициентов сцепления шахтных локомотивов

Состояние поверхности рельсов	Коэффициент сцепления Ψ		
	при движении	при трогании	при торможении с песком
Угольные шахты			
Покрытые жидкой грязью	0,09	0,10	0,14
Мокрые чистые	0,10	0,12	0,16
Сухие чистые	0,17	0,18	0,20
Железородные шахты			
Покрытые жидкой грязью	0,11-0,20	0,12-0,20	0,15-0,18
Сухие чистые	0,21	0,22	0,22,0,24
Сухие, покрытые пылью	0,24	0,25	0,23

Таблица 3

Значение удельного сопротивления движению шахтных вагонеток

Емкость кузова вагонетки секции, м ³	Удельное сопротивление, даН/т				
	порожней вагонетки $w_{п}$	груженой вагонетки при насыпной плотности груза, т/м ³ $w_{г}$			
		0,8-1,4	1,5-2,1	2,2-3,2	3,3 и
0,8-1,6	11	9	8	7	6,5
2,2-2,5	10	8	7	6	5,5
3,3-4,0	8	6	5,5	5	4,5
10	6	4,5	4	3,5	3

Таблица 4

Типы и технические характеристики шахтных вагонеток

Назначение	Обозначение модели	Емкость кузова, м ³	Допустимая нагрузка, т	Колея, мм	Габариты, мм			Жесткая база, мм	Коэффициент тары	Масса порожней вагонетки	Оптовая цена, руб. за штуку
					длина	ширина	высота				
Для угольной промышленности	ВГ1,1	1,1	2,0	600	1800	850	1300	500	0,45	0,58	180
	ВГ1,6	1,6	3,0	600	2700	850	1200	800	0,45	0,69	197
	ВГ2,5	2,5	4,5	900	2800	1240	1300	800	0,40	1,0	384
	ВГ3,3	3,3	6,0	900	3450	1240	1300	1100	0,40	1,26	415
	ВДК1,5	1,5	2,7	600	2400	850	1400	1200		1,4	
	ВДК2,5	2,5	4,5	900	2900	1240	1500	1650		1,44	910
	ПС1,5	1,5	2,7	600	1800	950	1450		0,45		
	ПС2,5	3,0	5,4	900	2520	1350	1400		0,40		
	ПС3,5	3,5	6,3	900	3240	1350	1600	2800	0,32	1,35	990
	ВД3,3	3,3	6,0	900	3575	1350	1400	1100	0,52	1,65	910
	ВД5,6	5,6	10,0	900	4900	1350	1550	1500	0,45	2,76	1540
ВД8,0	8,0	14,5	900	6300	1500	1550	1950	0,45	3,0		
Для рудной промышленности	ВГ2,2	2,2	5,5	750	2950	1200	1300	1000	0,40	1,53	695
	ВГ2,2	4,0	10,0	750	3900	1320	1550	1250	0,40	2,72	1180
	ВГ9,0	9,0	22,5	750	7850	1350	1550	1100	0,40	7,85	3210
	ВБ1,6	1,6	4,0	750	2950	1300	1300			2,11	1190
	ВБ2,56	2,5	6,0	750	3600	1350	1400	1000	0,5	2,61	1380
	ВБ4,0	4,0	10,0	750	4590	1380	1550	1250	0,4	3,88	1680

Техниче характеристики и размеры кабелей

Тип	Масса одной т	Кабель мм	Габариты мм			Железная бумага, мм	Число жил			Диаметры жил			Тип тканя мощность кВ	Особые требования к изоляции
			диаметр	ширина	высота		сила тяжения кН	сила тяжения кН	средняя кН	сила тяжения кН	сила тяжения кН	средняя кН		
АВГ	8	6090	45	134	141	120	11	11	7	32	5	12	ДП-1	100
2АВГ	16	6000	970	135	145	120	230	113	72	65	50	120	ДП-12	250
АВГ АВВ	7	6000	40	131	141	120	8	11	7	2	5	11	ДП-1	200
АВГЮ	10	6000	530	130	150	130	128	135	80	35	60	130	ЭП-6	260
АВГЧ	14	90	550	130	160	160	178	148	80	44	68	130	ЭП-25	400
АВГШ	28	90	1170	130	160	160	356	148	80	88	68	130	ЭП-25	
КВГ*	7	6090	450	130	150	120	165	115	105	44	50	162	ЭП-25В	560
КВГ2*	10	6090	450	130	150	120	165	115	105	44	50	162	ЭП-25В	
КВГ2	1	90	42	134	161	170	24	20	12	6	8	18	Д-80	
КК	1	6090	45	131	161	120	18	14	12	4	6	18	ЭП-3	90
ККЧ	14	90	520	130	160	180	240	204	128	70	85	220	ЭП-6	1500
ККШ	28	90		131	161	180	48	20	12	14	8	22	ЭП-6	

1-габариты кабелей в виде диаметра 90 мм

2-конструкция кабелей в виде диаметра кабеля 70 мм

*-кабели с изоляцией из ПВХ, негорючие

7. ИНСТРУКЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

7.1. Включить компьютер.

7.2. Работа на машине, загрузка программы.

Запустить программу TRAN/BAS на выполнение, используя интерпретатор Basic. Например: для TurboBasic: набрать ТВTRANBAS и нажать кнопку Enter.

7.3. Обращение к программе

- нажатием клавиш 1 и Enter осуществляется просмотр программы

- нажатием клавиши 2 осуществляется вызов программы для ввода исходных данных

- ввод исходных данных производится нажатием необходимых клавиш, после набора каждого значения нажимать клавишу Enter.

Текст программы

```
10 DATA "[1]-АМ8Д 900", "[2]-АРП7 900", "[3]-АРП10 900", "[4]-АРП14 900", "[5]-Другой"
20 CLS: INPUT "Количество погрузочных пунктов", NPP
30 FOR I=1 TO NPP: PRINT "Величина";I;"уклона (промилле)"; INPUT U(I)
40 PRINT "Длина";I;"маршрута (км.)"; INPUT D (I)
50 PRINT "Сменная производительность по углю";I;"бункера (т/см)"; INPUT ASM(I)
55 PRINT "Сменная производительность по породе";I;"бункера (т/см)"; INPUT ASM1(I)
56 ASM=ASM(I)+ASM1(I)
57 ASMU=ASMU+ASM(I): ASMP=ASMP+ASM1(I)
60 S=S+D(I): SI=S1+U(I)*D(I): J=J+ASM(I): X=X+ASM(I)*D(I): NEXT I
70 ISV=S1/S: LSV=X/J: INPUT "Насыпная масса угля "; GN
80 INPUT "Величина руководящего уклона (промилле)"; IR
90 PRINT "Электровоз:" : FOR I=1 TO 5: READ A$: PRINT A$: NEXT
100 INPUT E6: ON E6 GOTO 110,130,150,170,190
110 A=13.87: B=.01137: C=.0000045: D=1E-09: PSC=8: IDL=50: SRU=134.4: UR=128.8:
EMK=70
120 A1=342.4: B1=59.86: C1=4.16: D1=.099: E$="АМ8Д": GOTO 210
130 A=22.46: B=.0176: C=.000004: D=0: PSC=7: IDL=48: SRU=122.4: UR=117.3: EMK=67
140 A1=487.2: B1=71.76: C1=4.45: D1=.1: E$="АРП7": GOTO 210
150 A=13.87: B=.01173: C=.0000045: D=1E-09: PSC=10: IDL=50: SRU=134.4: UR=128.8:
EMK=73.9
160 A1=342.4: B1=59.86: C1=4.16: D1=.099: E$="АРП10":GOTO 210
170 A=16.71: B=.01173: C=5.35E-06: D=1E-09: PSC=14: IDL=68: SRU=193.3: UR=185:
EMK=106
180 A1=601: B1=100.1: C1=5.9: D1=.11: E$="АРП14": GOTO 210
```

```

190 INPUT "Коэффициенты А, В, С, D";A,B,C,D: INPUT "коэффициенты А1, В1, С1, D1"; А1,
В1,С1, D1: INPUT "Рабочее напряжение (Вольт)"; U
200 INPUT "Сцепная масса (Т) ", PSC: INPUT "Ток длительный Iдл (А)"; IDL; INPUT
"Энергоемкость батареи (кВт*ч)"; ЕМК
210 PRINT "Вагонетка": PRINT "[1] ВГ-2.5": PRINT "[2] ВГ-3.3": PRINT "[3] ВД-3.3": PRINT
"[4] ВД-5.6": PRINT "[5] ПС-2.5": PRINT [6] ПС-3.5"; PRINT "[7] Другая":
220 INPUT V6: ON V6 GOTO 230,240,250,251,252,253,255
230 ЕК=2.5; МР=1.15; МР=3.75; SG=9: SP=11: V$=ВГ-2.5": GOTO 260
240 ЕК=3.3: МР1.28: МР=5: SG=7: SP=9: V$="ВГ-3.3": GOTO 260
250 ЕК=3.3: МР=1.6; МР=5: SG 7: БР9: VS- ВД-3.3": GOTO 260
251 ЕК=5.6: МР=2.76: МР=7: SG=5.5: SP=7: V$="ВД-5.6": GOTO 260
252 ЕК=3.0: МР=1.2: МР= 4: SG=8: SP=10; V$="ПС-2.5": GOTO 260
253 ЕК=3.5: МР=1.35: МР=5; SG=6: SP=8: V$="ПС-3.5": GOTO 260
255 INPUT "Масса порожней (Т)";МР: INPUT "Емкость кузова (М^3)";ЕК: INPUT
"Сопротивление движению порожней, груженой Sp, Sr (даН/Т)";SP,SG
260 PRINT "Состояние рельсов при трогании:"
270 PRINT "[1]-Покрыты жидкой грязью"
280 PRINT "[2]-Влажные, практически чистые"
290 PRINT "[3]-Мокрые, чистые"
300 PRINT "[4]-Сухие, практически чистые"
310 PRINT "[5]-Посыпаны песком"
320 PRINT E8: ON E8 GOTO 330,340,350,360,370
330 F=.1: RT$="Покрыты жидкой грязью": GOTO 380
340 F=.11:RT$="Влажные, практически чистые": GOTO 380
350 F=.12:RT$="Мокрые, чистые": GOTO 380.
360 F=.18:RT$="Сухие, практически чистые": GOTO 380
370 F=.24:RT$="Посыпаны песком"
380 QGT=PSC*((1000*F)/(SG-ISV+3.3)-1): QGT=PSC*((1000*F)/(SP+IR+3.3)-1)
390 PRINT "Состояние рельсов при установившемся движении:"
400 PRINT "[1]-Покрыты жидкой грязью"
410 PRINT "[2]-Влажные, практически чистые"
420 PRINT "[3]-Мокрые, чистые"
430 PRINT "[4]-Сухие, практически чистые"
440 PRINT "[5]-Посыпаны песком"
450 INPUT E8, INPUT "Количество рейсов для перевозки людей";TL: CLS: ON E8 GOTO
460, 470,480,490,500
460 F=.07: GOTO 510
470 F=.09: GOTO 510
480 F=.10: GOTO 510
490 F=.14: GOTO 510
500 F=.18: GOTO 510
510 QGD=PSC*((1000*F)/(SG-ISV}-1): QPD=PSC*((1000*F)/(SP+IR)-1)
520 IF QGT<QGD THEN QG=QGT ELSE QG=QGD
530 IF QPT<QPD THEN QP=QPT ELSE QP=QPD
531 MU=(ЕК*GN)
535 MUP=MU/(1-(ASMP/(ASMU+ASMP)))*(1-MU/MR))
540 ZG=QG/(MUR+MP}: ZP=QP/MP+MU*0.15

```

```

550 IF ZG>ZP THEN Z=INT(ZP) ELSE Z=INT(ZG)
560 QG=PSC+Z*(MUR+MP): QP=PSC+Z*(MP+0.15*MU)
570 FG=QG*(SG-ISV): FP=QP*(SP+ISV)
580 VG=A-B*FG+C*FG^2-D*FG^3: VP=A-B*FP+C*FP^2-D*FP^3
581 AZ=(SG-ISV+(1000*PSC*F)/QG)/108
590 BT=(1000*PSC*.18)/(PSC+QG): VD=3.6*((AZ*3.4)^2+2*AZ*40))-AZ*3 4)
600 IF VG>VD THEN VG=VD
610 TG=(60*LSV)/(.75*VG): TP=(60*LSV)/(.75*VP): TR=INT(TG+TP+35}
620 IG=A1-B1*VG+C1*VG^2-D1*VG^3: IP=A1-B1*VP+C1*VP^2-D1*VP^3
630 IEF=1.15*SQR((IG^2*TG+IP^2*TP)/TR)
640 IF IEF>IDL THEN Z=Z-1: CLS: LOCATE 12,28: PRINT "Подожди немного ": COTO 560
660 CLS: TAU=INT(60*5. TR): TRG=INT((J*1.25)/(Z*EK*GN}+.9)
680 PKR=TRG+TL: NR=INT((PKR/TAU}+.9): IF NR<6 THEN NREZ=1
685 IF NR>6 AND NR<12 THEN NREZ=2
690 IF NR>13 THEN NREZ=4
700 NI=NR+NREZ: LR=(LSV*3)/NR: LI=(LSV*J)/NI
710 NSR=2*(IG*TG+IP*TP)/(TG+TP): WA=(1.1*SRU*ISR*TR)/(60000!* .3*.85):
WCA=WA*TMU
720 SIGMA=-WCA/(J*LSV): TRAZ=EMK/(LSV*SRU*ISR*TR): IF E6=4 THEN N=4 ELSE N=2
730 AB=1.1*N*UR*(IG*TG+IP*TP)*TAU/60000!: MRB=AB*NR/EMK: MO=MRB+NR:
M=MO+2*NREZ
735 BEEP: PRINT "++++++"РЕЗУЛЬТАТЫ"++++++"
736 PRINT " Электровоз";E$;"Вагонетка";V$
737 PRINT "Состояние рельсового пути";RT$: print
740 PRINT "Допустимое число вагонеток в составе (шт.)-----";INT(Z)
750 PRINT "Потребное число рабочих электровозов (шт.)-----";INT(NR)
760 PRINT "Потребное число инвентарных электровозов (шт.)-----";INT(NI) .
765 PRINT "Допустимая скорость электровоза (км/ч)----- ";INT(VD*1000+.5)/1000
770 PRINT «Скорость груженого состава (км/ч)----- ";INT(VG*1000+.5)/1000
780 PRINT "Скорость порожнего состава (км/ч)----- ";INT(VP*1000+.5)/1000
781 PRINT "Ток длительный (А)----- ";INT(IDL*1000+.5)/1000
782 PRINT "Ток эквивалентный (А)----- ";INT(IEI*1000+.5)/1000
783 PRINT "Ток, потребляемый эл.дв. при движении с груженым составом";
INT(IG*1000+.5)/1000
784 PRINT "Ток, потребл. эл.дв. при движении эл-воза с порожним составом";
INT(IP*1000+.5)/1000
790 PRINT "Время рейса (минут)----- ";INT(TR+.5)
800 PRINT "Время движения груженого состава (мин)-----
";INT(TG*1000+.5)/1000 810 PRINT "Время движения порожнего состава (мин)-----
----- ";INT(TP*1000+.5)/1000
820 PRINT "Сменная производительность одного рабочего электровоза (Т*км)";
INT(LR*1000+.5)/1000
830 PRINT "Сменная производительность одного инвентарного электровоза
(Т*км)", INT(LI*1000+.5)/1000
840 PRINT "Расход электроэнергии на шинах переменного тока за 1 рейс
(кВт*ч)"; INT(WA*1000+.5)/1000

```



```

850 PRINT "Расход электроэнергии на шинах ЦПП в смену (кВт*ч)---- ";INT(LR*
1000+.5)/1000
860 PRINT "Удельный расход электроэнергии (кВт*ч/т*км)---- ";INT(SIGMA*
1000+.5)/1000
870 PRINT "Потребное число аккумуляторных батарей (шт.)----- " INT(M+.5)
880 DELAY 5
890 LPRINT "++++++"РЕЗУЛЬТАТЫ"++++++"
900 LPRINT " Электровоз ";E$;" Вагонетка ";V$.
905 LPRINT "Состояние рельсового пути - ";RT$:LPRINT
910 LPRINT "Допустимое число вагонеток в составе (шт.)-----";INT(Z)
920 LPRINT "Потребное число рабочих электровозов (шт.)-----";INT(NR)
930 LPRINT "Потребное число инвентарных электровозов (шт.)-----";INT(NI)
935 LPRINT "Допустимая скорость электровоза (км/ч)-----";INT(VD*1000+.5)/1000
940 LPRINT "Скорость груженого состава (км/ч)----- ";INT(VG*1000+.5)/1000
950 LPRINT "Скорость порожнего состава (км/ч)----- ";INT(VP*1000+.5)/1000
955 LPRINT "Ток длительный (А)-----";INT(IDL*1000+.5)/1000
956 LPRINT "Ток эквивалентный (А)-----";INT(IEF*1000+.5)/1000
957 LPRINT "Ток, потребляемый эл. дв. при движении с груженым составом-----
-----";INT(IGP*1000+.5)/1000
958 LPRINT "Ток, потребляемый эл. дв. при движении с порожним составом -----
-----";INT(IP*1000+.5)/1000
660 LPRINT "Время рейса (минут)- -----";INT(TR+.5)
970 LPRINT "Время движения груженого состава (мин)- -----
";INT(TG*1000+.5)/1000
980 LPRINT "Время движения порожнего состава (мин)-- -----
";INT(TP*1000+.5)/1000
990 LPRINT "Сменная производительность одного рабочего электровоза (т*км)-----
-----";INT(LR*1000+.5)/1000
1000 LPRINT "Сменная производительность одного инвентарного электровоза
(т*км)";INT(LI*1000+.5)/1000
1010 LPRINT "Расход электроэнергии на шинах переменного тока за 1 рейс (кВт*ч)---
";INT(WA*1000+.5)/1000
1020 LPRINT "Расход электроэнергии на шинах ЦПП в смену (кВт*ч)--
";INT(WCA*1000+.5)/1000
1030 LPRINT "Удельный расход электроэнергии (кВт*ч )----- ";INT(SIGMA*1000+.5)/1000
1040 1.POT "Потребное число аккумуляторных батарей (шт.)----- ";INT(M+.5)
1050 END

```

ЛИТЕРАТУРА

1. Транспорт на горных предприятиях / под ред. Б.А. Кузнецова. – М.: Недра, 1976. – 552 с.
2. Справочник. Подземный транспорт шахт и ротиков / под общей ред. Г. Я. Пейсаховича и И. П. Ремизова. – М.: Недра, 1985. – 565 с.

3. Ренгевич А. А. Расчет электровозного транспорта / А. А. Ренгевич, М. К. Мехеда. – Киев: УМКВО, 1988. – 56 с.

Приложение 1

Таблица 1

Тяговые аккумуляторные батареи для рудничных электровозов

Электровоз	Батарея по техническим условиям	Батарея по ГОСТ 19484-80
АК2У	36ТНЖ-300	36ТНЖШ-350-У5
4,5АРП2М	66ТНЖ-300	66ТНЖШ-350-У5
5АРВ2М	66ТНЖ-270П300	66ТНЖШ-300П-У5
АРП7		90ТНЖШ-550(500В)-У5 10290ТНЖШ-550(500В)-У5
АРВ7	88ТНК-400-У5	-
АМ8Д	96ТНЖ-350-У5 □ 112ТНЖ-350-У5	96ТНЖШ-500-У5 □ 112ТНЖШ-500-У5
2АМ8Д	2 X 112ТНЖ-350-У5	2 X 112ТНЖШ-550-У5
АРП10		112ТНЖШ-550-(500В)У5 □
АРП14	161ТНКШ-550-У5	-
АРП28	2X 161ТНКШ-550-У5	

*Батарея для электровозов на колею 600 мм.

Для питания тяговых электродвигателей рудничных электровозов применяются щелочные никель-железные (ТНЖ и ТНЖШ) и никель-кадмиевые (ТНК) шахтные аккумуляторные батареи. Типы аккумуляторных батарей, применяемых на электровозах, приведены в табл. 1, Приложение 1

Аккумуляторы по ГОСТ 19484-80 по сравнению с аккумуляторами, изготавливаемыми по техническим условиям, при тех же габаритах имеют значительно более высокую энергоемкость и наработку; негорючее изоляционное покрытие стального бака: полиэтиленовые поддон и крышку, создающие между аккумуляторами пространство для стока пролитого электролита и улучшающие охлаждение аккумуляторов.

Условные обозначения тягового щелочного аккумулятора: Т – тяговый. Ж – никель железный, Ш – шахтный, П – пластмассовый бак. Для рудничных электровозов тяговые батареи (аккумуляторы) имеют исполнение У и категорию размещения 5 для работы при температуре окружающей среды от минус 20 °С до

плюс 45 °С. Цифры, стоящие перед обозначением типа аккумулятора, указывают на число последовательно соединенных элементов в батарее, а цифры после букв обозначают номинальную (пятичасовую) емкость в ампер-часах. Эта емкость гарантируется заводом-изготовителем при установленном режиме разряда до конечного напряжения 1 В при температуре элемента от 16 до 35 °С.

Среднеразрядное напряжение одного аккумулятора составляет 1,15 В. Конструктивно щелочной никель-железный аккумулятор состоит из блоков положительных и отрицательных пластин. В верхней части пластины

Таблица 2

Емкость и энергоемкость аккумуляторных батарей

Батарея	Номинальная емкость E_n , А·ч	Энергоемкость E , кВт·ч	Напряжение батареи, В			Электровоз
			конечное при заряде	среднее при 5-часовом разряде	конечное при 5-часовом разряде	
66ТНЖШ-300	300	24,5	120	80	65	4,5АРП2М
36ТНЖШ-350	350	14,7	65	43	35	АК2У
66ТНЖШ-350	350	27,0	120	80	65	5АРВ2М
96ТНЖШ-500	500	56,0	173	115	94	АМ8
112ТНЖШ-500	500	67,0	202	135	110	АМ8
112ТНЖШ-550	550	72,5	202	135	110	АРП10
126ТНЖШ-550	550	82,4	227	148	123	13АРП
154ТНЖШ-550	550	100,0	278	185	151	АРП14
154ТНЖШ-600	650	110,0	278	185	151	АРП14

$$E = \frac{E_a \cdot n_a}{1000}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} - \text{энергоемкость аккумуляторной батареи}$$

Таблица 3

Технические характеристики аккумуляторных батарей

Параметры	Батарея				
	ТНЖ-300	ТНЖШ-350	ТНЖШ-500	ТНЖШ-550	ТНКШ-350
Масса одного элемента, кг	11,7	13,3	16,5	16,5	-
Масса электролита, кг	5,7	5,8	8,3	5,5	-
Полная масса элемента, кг	17,4	19,1	24,8	22,0	33
Основные размеры, мм:					
длина	142	132	155	133	132
ширина	175	169	169	171	169
высота	461	460	520	586	660
Разрядное напряжение при пятичасовом разряде $U_{\text{ср.р.}}$, В:					
номинальное	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
среднее	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
минимально допустимое	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Разрядный ток, $I_{\text{ср.р.}}$, А:					
трехчасовой	100	116	167	183	183
пятичасовой	60	70	100	110	110
Номинальная разрядная емкость пятичасового режима, $E_{\text{н}} = I_{\text{ср.р.}} \cdot t_{\text{р}}$, А·ч					
Нормальный зарядный ток, Ак	75	90	125	140	140
Время зарядки (без охлаждения), ч	6	6	6	6	6
Энергоемкость, $E_{\text{а}} = U_{\text{ср.р.}} \cdot I_{\text{ср.р.}} \cdot t_{\text{р}}$, Вт·ч	360	420	600	660	660
Удельная:					
масса, кг/кВт·ч	48	45	41	33	-
емкость, А·ч/кг	17,2	18,3	20,2	25,0	-
энергия, Вт·ч/кг	20,6	22,0	24,2	30,0	-