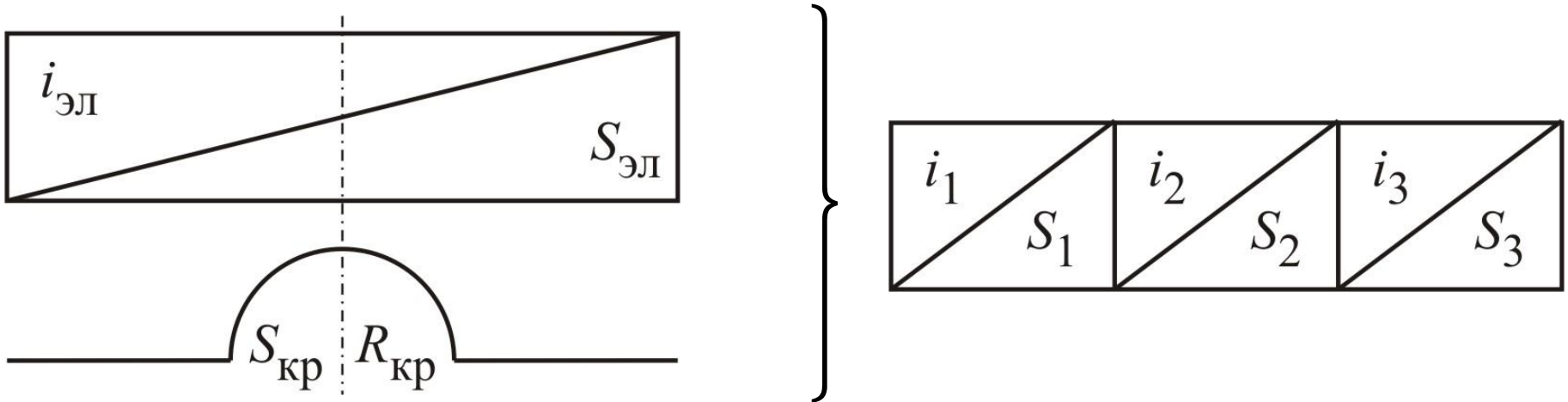


1. Спрямление профиля.

В соответствии с вариантом профиля по заданию из таблицы Приложения 2 методических указаний выбираем элементы профиля обозначенные * и **. Предполагаем, что кривая расположена по оси симметрии элемента.

Разбиваем каждый элемент на три:



1. Спрямление профиля.

Параметры новых элементов рассчитываем по формулам:

$$i_{\text{эл}} = i_2 = i \quad ; \quad i = \frac{k}{R_{\text{кр}}} + i \quad , \quad \text{‰}.$$

$i_{\text{эл}}$ – исходный уклон элемента профиля, ‰. Принимается из Приложения 2 методических указаний;

$R_{\text{кр}}$ – радиус кривой, м. Принимается из Приложения 2 методических указаний;

$k = 700$, если $R_{\text{кр}} \geq 300$; или $k = 430$, если $R_{\text{кр}} < 300$

$$S_{\text{кр}} = S_3 = \frac{S_{\text{эл}} - S_{\text{кр}}}{2} \quad ; \quad S_2 = S \quad ,$$

$S_{\text{эл}}$ – исходная длина элемента профиля, м. Принимается из Приложения 2 методических указаний;

$S_{\text{кр}}$ – длина кривой, м. Принимается из Приложения 2 методических указаний.

1. Спрямление профиля.

Результаты спрямления профиля оформляются в виде таблицы:

Исходный профиль				Спрямленный профиль		
№ п/п	$S_{эл}, \text{ м}$	$i_{эл}, \text{ ‰}$	$S_{эл} \cdot i_{эл}$	№ п/п	$S_{эл}, \text{ м}$	$i_{эл}, \text{ ‰}$
1				1		
2				2		
...				...		
15				19		
	$\Sigma S_{эл}$				$\Sigma S_{эл}$	

Определяются расчетные уклоны в режиме тяги и рекуперативного торможения:

$$i_{элi} \cdot S_{элi} = \max \Rightarrow i_p = i_{элi}, \text{ ‰ (ТОЛЬКО } i_{элi} > 0);$$

$$i_{элi} \cdot S_{элi} = \min \Rightarrow i_{pp} = i_{элi}, \text{ ‰ (ТОЛЬКО } i_{элi} < 0).$$

2. Определение расчетной массы состава.

Рассчитываем номинальную скорость движения электровоза:

$$V_{\text{н}} = \frac{3,14 \cdot n_{\text{н}} \cdot D_{\text{к}}}{60 \cdot \mu}, \text{ —.}$$

$n_{\text{н}}$ — номинальная частота вращения тягового электродвигателя, об/мин;

$D_{\text{к}}$ — диаметр движущего колеса электровоза, м;

μ — передаточное число редуктора электровоза.

Все величины принимаются по Приложению 1 методических указаний.

2. Определение расчетной массы состава.

Рассчитываем сопротивление обмоток тягового электродвигателя: $R_{д} = R_{я} + R_{дп} + R_{ко} + R_{гп}$, Ом.

$R_{я}$ – сопротивление обмотки якоря, Ом;

$R_{дп}$ – сопротивление обмотки дополнительных полюсов, Ом;

$R_{ко}$ – сопротивление компенсационной обмотки, Ом;

$R_{гп}$ – сопротивление обмотки главных полюсов, Ом.

Все величины принимаются по Приложению 1 методических указаний.

2. Определение расчетной массы состава.

Рассчитываем номинальный магнитный поток тягового электродвигателя:

$$C\Phi_{\text{н}} = \frac{U_{\text{дн}} - I_{\text{дн}} \cdot R_{\text{д}}}{V_{\text{н}}}, \frac{\text{В} \cdot \text{ч}}{\text{км}}.$$

$U_{\text{дн}}$ – номинальное напряжение тягового электродвигателя, В;

$I_{\text{дн}}$ – номинальный ток тягового электродвигателя, А.

Все величины принимаются по Приложению 1 методических указаний.

2. Определение расчетной массы состава.

Рассчитываем магнитный поток тягового электродвигателя, соответствующий расчетному току:

$$C\Phi_{\text{к}} = \frac{C\Phi_{\text{н}}}{\text{кМ}} \cdot \text{arctg} \left(2,6 \cdot \frac{I_{\text{в}}}{I_{\text{вн}}} \right), \frac{\text{В} \cdot \text{ч}}{\text{кМ}}.$$

$I_{\text{в}}$ – ток возбуждения тягового электродвигателя, соответствующий расчетному току, А. $I_{\text{в}} = I_{\text{я}}$;

$I_{\text{вн}}$ – номинальный ток возбуждения тягового электродвигателя, А. $I_{\text{вн}} = I_{\text{дн}}$.

Величина расчетного тока $I_{\text{я}}$ принимается по заданию.

2. Определение расчетной массы состава.

Рассчитываем коэффициент, учитывающий механические и магнитные потери в тяговом электродвигателе и механические потери в тяговой передаче:

$$k_{\Pi} = \eta_{\text{ТП}} \cdot \frac{1 + \eta_{\text{ТД}}}{2}.$$

$\eta_{\text{ТП}}$ – КПД тяговой передачи;

$\eta_{\text{ТД}}$ – КПД тягового электродвигателя.

Все величины принимаются по Приложению 1 методических указаний.

2. Определение расчетной массы состава.

Вычисляем расчетную силу тяги электровоза:

$$F_{\text{кр}} = 0,367 \cdot g \cdot C\Phi_{\text{к}} \cdot I_{\text{я}} \cdot k_{\text{п}} \cdot 4 \cdot N_{\text{с}}, \text{ Н.}$$

g – ускорение свободного падения. $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

$N_{\text{с}}$ – число секций электровоза. Принимается по заданию.

Вычисляем расчетную скорость движения электровоза:

$$V_{\text{р}} = \frac{U_{\text{кС}} - I_{\text{я}} \cdot 2 \cdot R_{\text{д}}}{\Phi C_{\text{к}}}, \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

$U_{\text{кС}}$ – напряжение контактной сети, В. Принимается по заданию.

2. Определение расчетной массы состава.

Вычисляем расчетный коэффициент сцепления колес электровоза с рельсами:

$$\Psi_{\text{к}} = 0,28 + \frac{3}{50 + 20 \cdot V_{\text{р}}} - 0,0007 \cdot V_{\text{р}}.$$

Вычисляем расчетную массу электровоза: $G = G_2 \cdot \frac{N_{\text{с}}}{2}$ т.

G_2 – масса двухсекционного электровоза, т. Принимается по Приложению 1 методических указаний.

Вычисляем расчетную силу тяги электровоза по условиям сцепления колес с рельсами: $F_{\text{сц}} = 1000 \cdot G \cdot g \cdot \Psi_{\text{к}}$, Н.

Окончательно принимаем расчетную силу тяги электровоза по следующему условию:

$$\text{если } F_{\text{сц}} < F_{\text{кр}} \Rightarrow F_{\text{кр}} = F_{\text{сц}}, \text{ Н.}$$

2. Определение расчетной массы состава.

Вычисляем сопротивление движению электровоза в расчетном режиме:

$$w'_p = 1,9 + 0,01_p \cdot V + 0,0003 \cdot V^2, \frac{\text{Н}}{\text{кН}}.$$

Вычисляем сопротивление движению каждого типа вагонов в расчетном режиме:

$$w''_{oi} = a_i + \frac{b_i + c_i \cdot V_p + d_i \cdot V_p^2}{q_{oi}}, \frac{\text{Н}}{\text{кН}}.$$

a_i, b_i, c_i, d_i – коэффициенты, величина которых зависит от типа вагона. Принимается по Таблице 1 методических указаний;

q_{oi} – нагрузка на ось вагона i -го типа, т. Принимается по заданию.

2. Определение расчетной массы состава.

Вычисляем массу вагона каждого типа: $Q_i = q_{oi} \cdot N_{oi}$, т.
 N_{oi} – число осей вагона i -го типа . Принимается по заданию.

Вычисляем массовую долю каждого типа вагонов:

$$\beta_i = \frac{\alpha_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^3 \alpha_i \cdot Q_i}.$$

α_i – процентная доля вагонов i -го типа. Принимается по заданию.

Делаем проверку правильности вычислений:

$$\left| 1 - \sum_{i=1}^3 \beta_i \right| \leq 0,01.$$

2. Определение расчетной массы состава.

Вычисляем сопротивление движению состава в расчетном режиме:

$$w''_0 = \sum_{i=1}^3 w''_{oi} \cdot \beta_i, \quad \frac{\text{Н}}{\text{кН}}.$$

Вычисляем расчетную массу состава:

$$Q_p = \frac{F_{\text{кр}} - G \cdot g \cdot (w'_0 + i_p)}{(w''_0 + i_p) \cdot g} \text{т.}$$

Полученный результат округляем до **целого!**

3. Проверка массы состава по условиям трогания с места.

Вычисляем сопротивление движению состава при трогании с места:

$$w_{\text{тр}} = \sum_{i=1}^3 \left(\frac{\rho \cdot V}{q_{oi} + \bar{\kappa} H} \cdot \beta_i \right), \quad \text{---}$$

Вычисляем массу состава по условиям трогания с места на расчетном подъеме:

$$Q_{\text{тр}} = \frac{F_{\text{кр}}}{(w_{\text{тр}} + i_p) \cdot g} - G_{\text{т}}.$$

Полученный результат округляем до **целого!**

Делаем проверку: если $Q_{\text{тр}} < Q_p \Rightarrow Q = Q_{\text{тр}}$,
иначе $Q = Q_p$, т.

4. Проверка массы состава по длине приемо-отправочных путей.

Рассчитываем число вагонов каждого типа: $N_i = \frac{Q \cdot \beta_i}{Q_i}$

Полученные результаты округляются до **меньшего целого**.

Рассчитываем массу состава через число вагонов:

$$Q_B = \sum_{i=1}^3 (Q_i \cdot N_i).$$

Делаем проверку: если $Q - Q_B > Q_{i \min}$, то увеличиваем число вагонов каждого типа на 1 до тех пор, пока условие выполняется. **Не допускается $Q - Q_B < 0$!**

$Q_{i \min}$ – наименьшая масса вагона, т.

4. Проверка массы состава по длине приемо-отправочных путей.

Рассчитываем длину поезда: $L_{\text{п}} = L_2 \cdot \frac{N_c}{2} + \sum_{i=1}^3 L_i \cdot N_i$, м.

L_2 – длина двухсекционного электровоза, м. Принимается по Приложению 1;

L_i – длина вагона i -го типа, м. Принимается по таблице 2 методических указаний.

Делаем проверку: если $L_{\text{п}} + 10 > L_{\text{пп}}$, то последовательно уменьшаем число вагонов каждого типа на 1 до тех пор, пока условие выполняется.

$L_{\text{пп}}$ – длина приемо-отправочных путей, м. Принимается по заданию.

Если производилась корректировка числа вагонов, то пересчитываем массу состава:

$$Q = \sum_{i=1}^3 (Q_i \cdot N_i).$$

5. Проверка массы состава по условию равномерного движения на расчетном спуске в режиме рекуперативного торможения.

Рассчитываем магнитный поток тягового электродвигателя в режиме рекуперативного торможения при скорости 80 км/ч:

$$C\Phi_{\text{к}} = \frac{U_{\text{кС}} + I_{\text{я}} \cdot (2 \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{дп}} + R_{\text{ко}}) + R_{\text{иш}} + R_{\text{ст}})}{\text{км}80}, \frac{\text{В} \cdot \text{ч}}{\text{ч}}.$$

$R_{\text{иш}}$ – сопротивление индуктивного шунта, Ом.

Принимается по Приложению 1;

$R_{\text{ст}}$ – сопротивление стабилизирующего резистора, Ом.

Принимается по Приложению 1.

5. Проверка массы состава по условию равномерного движения на расчетном спуске в режиме рекуперативного торможения.

Рассчитываем величину тока возбуждения тягового электродвигателя, необходимого для создания рассчитанного магнитного потока:

$$I_{\text{в}} = \frac{I_{\text{вн}}}{\Phi_{\text{б}}} \cdot \text{tg} \left(1,2 \cdot \frac{C\Phi_{\text{к}}}{C_{\text{н}}} \right),$$

Делаем проверку: $\frac{I_{\text{в}}}{I_{\text{я}}} \geq \frac{1}{4}$.

Если условие не выполняется, то последовательно уменьшаем $I_{\text{я}}$ на 10 А; рассчитываем магнитный поток и ток возбуждения; делаем проверку. $I_{\text{я}}$ уменьшаем до тех пор, пока условие выполняется. В дальнейшем используем полученное значение $I_{\text{я}}$.

5. Проверка массы состава по условию равномерного движения на расчетном спуске в режиме рекуперативного торможения.

Рассчитываем величину тормозной силы электровоза:

$$B_{\text{кр}} = \frac{\Phi 367 \cdot \xi \cdot I_{\text{к}} \cdot \eta \cdot N_{\text{с}}}{k_{\text{п}}},$$

Рассчитываем величину коэффициента сцепления колес электровоза с рельсами для скорости 80 км/ч:

$$\Psi_{\text{к}} = 0,28 + \frac{3}{50 + 20 \cdot V} - 0,0007 \cdot V.$$

Рассчитываем величину допустимой тормозной силы по условиям сцепления колес электровоза с рельсами:

$$B_{\text{сц}} = 0,8 \cdot 1000 \cdot G \cdot g \cdot \Psi_{\text{к}}.$$

Делаем проверку: если $B_{\text{кр}} > B_{\text{сц}} \Rightarrow B_{\text{кр}} = B_{\text{сц}}$.

5. Проверка массы состава по условию равномерного движения на расчетном спуске в режиме рекуперативного торможения.

Рассчитываем величину удельного сопротивления движению электровоза для скорости 80 км/ч:

$$w'_0 = 1,9 + 0,01 \cdot V + 0,0003 \cdot V^2, \frac{\text{Н}}{\text{кН}}.$$

Рассчитываем величину удельного сопротивления движению каждого типа вагонов для скорости 80 км/ч:

$$w''_{oi} = a_i + \frac{b_i + c_i \cdot V + d_i \cdot V^2}{q_{oi}}, \frac{\text{Н}}{\text{кН}}.$$

Вычисляем сопротивление движению состава :

$$w''_0 = \sum_{i=1}^3 w''_{oi} \cdot \beta_i, \frac{\text{Н}}{\text{кН}}.$$

5. Проверка массы состава по условию равномерного движения на расчетном спуске в режиме рекуперативного торможения.

Рассчитываем величину массы состава:

$$Q_p = - \frac{B_{кр} + G \cdot g \cdot (w'_0 + i_{pp})}{(w''_0 + i_{pp}) \cdot g} T.$$

Делаем проверку: $Q > Q_{рт} \Rightarrow Q = Q_{рт}$.

Если условие выполнилось и масса состава скорректирована, то рассчитываем число вагонов и вычисляем массу состава через число вагонов, проверяя при этом, чтобы разность массы, рассчитанной через число вагонов и принятой по условиям рекуперативного торможения не была больше $Q_{i \min}$.

6. Подготовка данных для расчета расхода электроэнергии.

Рассчитываем величину коэффициента инерции вращающихся частей поезда:

$$\psi + = \frac{G \cdot (1 + \gamma)_{\text{э}} + Q \cdot (1 + \gamma)_{\text{в}}}{G + Q}$$

$(1 + \gamma)_{\text{э}}$ – коэффициент инерции вращающихся частей электровоза. Принимается равным 1,225;

$(1 + \gamma)_{\text{в}}$ – коэффициент инерции вращающихся частей вагонов. Принимается равным 1,035.

6. Подготовка данных для расчета расхода электроэнергии.

Рассчитываем величину тока возбуждения тягового электродвигателя на высшей ступени ослабления возбуждения:

$$C\Phi_{\text{к}} = \frac{C\Phi_{\text{н}}}{\text{кМ}} \cdot \operatorname{arctg} \left(2,6 \cdot \frac{I_{\text{я}} \cdot \beta_4}{I_{\text{вн}}} \right), \frac{\text{В} \cdot \text{ч}}{\text{ч}}.$$

β_4 – коэффициент ослабления возбуждения ТЭД на 4-й ступени. Принимается по Приложению 1.

Рассчитываем скорость выхода на автоматическую характеристику 4-й ступени ослабления возбуждения ТЭД:

$$V_{\text{а}} = \frac{U_{\text{кс}} - 2 \cdot I_{\text{я}} \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{дп}} + R_{\text{ко}} + R_{\text{гп}} \cdot \beta_4)}{\Phi C_{\text{к}}}, \frac{\text{кМ}}{\text{ч}}.$$

6. Подготовка данных для расчета расхода электроэнергии.

Делаем проверку: если $V_a > 81$, то производим расчет магнитного потока и скорости для β_3 . Расчеты делаем до тех пор, пока выполняется условие. В дальнейших расчетах используем последнюю величину $C\Phi_k$ и степень ослабления возбуждения, которую обозначаем β_{\min} .

Рассчитываем силу тяги электровоза при выходе на автоматическую характеристику минимальной ступени ослабления возбуждения ТЭД:

$$F_{\text{ка}} = 0,367 \cdot g \cdot C\Phi_k \cdot I_{\text{я}} \cdot k_{\text{п}} \cdot 4 \cdot N_c, \text{ Н.}$$

Делаем проверку: если $79 \leq V_a \leq 81$, то принимаем $F_{\text{ка}} = F_{\text{к80}}$. Следующие 2 слайда пропускаем.

6. Подготовка данных для расчета расхода электроэнергии.

Подбираем ток якоря ТЭД, соответствующий скорости 80 км/ч:

1. Уменьшаем ток якоря от заданного значения на 10 А.
2. Рассчитываем магнитный поток

$$C\Phi_{\text{к}} = \frac{C\Phi_{\text{н}}}{\text{кМ}} \cdot \arctg \left(2,6 \cdot \frac{I_{\text{я}} \cdot \beta_{\text{min}}}{I_{\text{вн}}} \right), \frac{\text{В} \cdot \text{ч}}{\text{ч}}.$$

3. Рассчитываем скорость

$$V = \frac{U_{\text{кС}} - 2 \cdot I_{\text{я}} \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{дп}} + R_{\text{ко}} + R_{\text{гп}} \cdot \beta_{\text{min}})}{\Phi C_{\text{к}}}, \frac{\text{кМ}}{\text{ч}}.$$

4. Проверяем условие: $79 \leq V \leq 81$. Если условие не выполняется – возвращаемся к п.1.

6. Подготовка данных для расчета расхода электроэнергии.

Рассчитываем силу тяги электровоза при скорости 80 км/ч:

$$F_{к80} = 0,367 \cdot g \cdot C\Phi_{к80} \cdot I_{я80} \cdot k_{п} \cdot 4 \cdot N_{с}, \text{ Н.}$$

$C\Phi_{к80}$ – магнитный поток ТЭД при скорости 80 км/ч.

Используется последнее подобранное значение;

$I_{я80}$ – ток якоря ТЭД при скорости 80 км/ч. Используется последнее подобранное значение.

Рассчитываем максимальный магнитный поток ТЭД в режиме рекуперативного торможения:

$$C\Phi_{кт \max} = \frac{C\Phi_{н}}{\text{кМ}} \cdot \arctg \left(2,6 \cdot \frac{I_{в \max}}{I_{вн}} \right), \frac{\text{В} \cdot \text{ч}}{\text{кМ}}$$

$I_{в \max}$ – максимальный ток возбуждения ТЭД в режиме рекуперативного торможения. Принимается по Приложению 1.

6. Подготовка данных для расчета расхода электроэнергии.

Рассчитываем скорость окончания рекуперативного торможения:

$$V_{p \min} = \frac{U_{\text{КС}} + I_{\text{я}} \cdot \left(m \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{ДП}} + R_{\text{КО}}) + \frac{m}{2} R_{\text{ИШ}} + R_{\text{СТ}} \right)}{\eta \cdot \Phi_{\text{КТ max}}}, \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

m – число последовательно включенных якорей ТЭД при окончании рекуперативного торможения. При $N_c = 2$ $m = 8$; при $N_c = 3$ $m = 4$.

Рассчитываем тормозную силу электровоза в момент окончания рекуперативного торможения:

$$B_{\text{КТ}m} = \frac{\Phi_{\text{КТ max}} \cdot \xi \cdot I_{\text{я}} \cdot \eta \cdot N_c}{k_{\text{П}}},$$

6. Подготовка данных для расчета расхода электроэнергии.

Рассчитываем коэффициент сцепления колес электровоза с рельсами при скорости $V_{p \min}$:

$$\Psi_k = 0,28 + \frac{3}{50 + 20 \cdot V_{p \min}} - 0,0007 \cdot V_{p \min}.$$

Рассчитываем величину допустимой тормозной силы по условиям сцепления колес электровоза с рельсами:

$$B_{сц} = 0,8 \cdot 1000 \cdot G \cdot g \cdot \Psi_k.$$

Делаем проверку: если $B_{ктт} > B_{сц} \Rightarrow B_{ктт} = B_{сц}$.

6. Подготовка данных для расчета расхода электроэнергии.

Заполняем следующую таблицу (табл.3 МУ):

Режим	F_k	V_{cp}
Пуск	$F_{кр}$	$V_p / 2$
Разгон до выхода на максимальную ступень ослабления возбуждения	$\frac{F_{кр} + F_{ка}}{2}$	$\frac{V_p + V_a}{2}$
Разгон на автоматической характеристике	$\frac{F_{ка} + F_{к80}}{2}$	$\frac{V_a + 80}{2}$
Рекуперативное торможение	$\frac{B_{кр} + B_{кТМ}}{2}$	$\frac{V_{p \min} + 80}{2}$
Дотормаживание	$B_{кТМ}$	$V_{p \min} / 2$

6. Подготовка данных для расчета расхода электроэнергии.

Рассчитываем основное удельное сопротивление движению поезда для всех скоростей V_{cp} , рассчитанных для таблицы 3 по следующим формулам:

$$w'_0 = 1,9 + 0,01 \cdot V + 0,0003 \cdot V^2, \frac{\text{Н}}{\text{кН}}.$$

$$w''_{oi} = a_i + \frac{b_i + c_i \cdot V + d_i \cdot V^2}{q_{oi}}, \frac{\text{Н}}{\text{кН}}.$$

$$w''_0 = \sum_{i=1}^3 w''_{oi} \cdot \beta_i, \frac{\text{Н}}{\text{кН}}.$$

$$w_0 = \frac{w'_0 \cdot G + w''_0 \cdot Q}{G + Q}, \frac{\text{Н}}{\text{кН}}.$$

6. Подготовка данных для расчета расхода электроэнергии.

Рассчитываем эквивалентный уклон перегона:

$$i_{\text{э}} = \frac{\sum_{i=1}^n i_{\text{эли}} \cdot S_{\text{эли}}}{\sum_{i=1}^n S_{\text{эли}}}, \text{‰}.$$

При расчете используем спрямленный профиль, полученный в п.1.

6. Подготовка данных для расчета расхода электроэнергии.

Рассчитываем средние ускорения поезда для всех режимов разгона таблицы 3:

$$a = \frac{F_k - (w_o + i_э) \cdot (G + Q) \cdot g}{(G + Q) \cdot 1000 \cdot (1 + \gamma)}, \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Рассчитываем средние замедления поезда для всех режимов торможения таблицы 3:

$$a = \frac{F_k + (w_o + i_э) \cdot (G + Q) \cdot g}{(G + Q) \cdot 1000 \cdot (1 + \gamma)}, \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

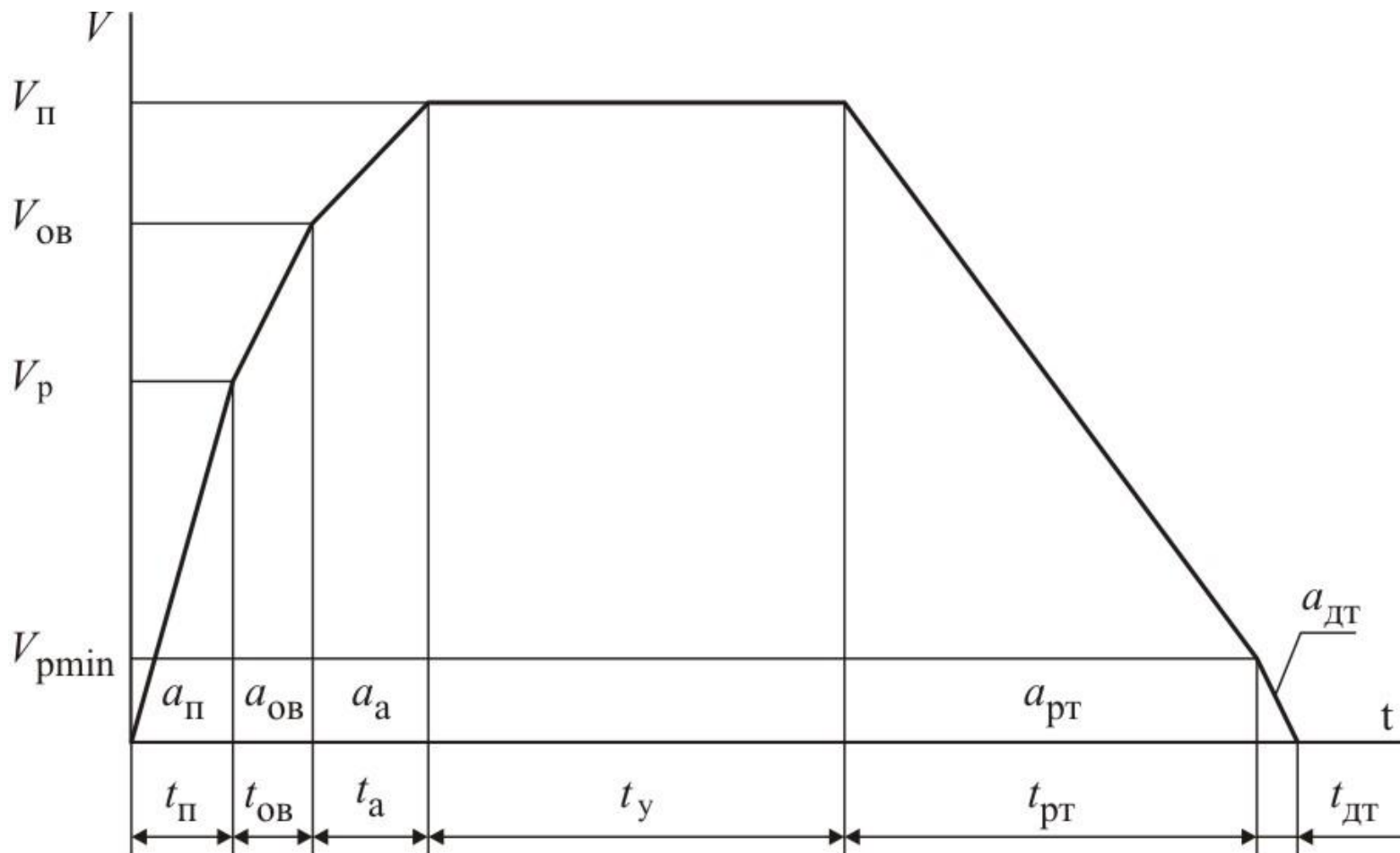
6. Подготовка данных для расчета расхода электроэнергии.

Заполняем следующую таблицу (табл. 4 МУ):

Пуск	V_p , км/ч	F_k , Н	w_o , Н/кН	$a_{п}$, м/с ²
Разгон до выхода на максимальную ступень ослабления возбуждения	V_a , км/ч	F_k , Н	w_o , Н/кН	$a_{об}$, м/с ²
Разгон на автоматической характеристике	—	F_k , Н	w_o , Н/кН	a_a , м/с ²
Рекуперативное торможение	$V_{p\ min}$, км/ч	F_k , Н	w_o , Н/кН	$a_{рт}$, м/с ²
Дотормаживание	—	F_k , Н	w_o , Н/кН	$a_{дт}$, м/с ²

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Предполагаем, что при движении поезда по перегону скорость движения зависит от времени следующим образом:



7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Заготавливаем таблицу (табл.6 МУ).

Рассчитываем расход электроэнергии на приобретение поездом кинетической энергии при разгоне до скорости $V_{\text{п}}$, которая принимает значения 40, 50, 60, 70, 80 км/ч:

$$W_{\text{к}} = \text{ч.} \frac{(G + Q) \cdot (1 + \gamma) \cdot V_{\text{п}}^2}{\eta \cdot 3,6^2 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{д}} \cdot \tau_{\text{п}}}, \quad .$$

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем время пуска для всех значений $V_{\text{п}}$:

$$t_{\text{п}} = \frac{V}{a_{\text{п}} \cdot 3,6 \cdot 60} \text{ мин.}$$

Скорость V выбираем из условия: если $V_{\text{п}} < V_{\text{р}}$, то $V = V_{\text{п}}$, иначе $V = V_{\text{р}}$;

$a_{\text{п}}$ – среднее ускорение в режиме пуска, м/с². Принимается из табл.4.

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

Рассчитываем путь пуска для всех значений $V_{\text{п}}$:

$$S_{\text{рп}} = \frac{a_{\text{п}} \cdot (t_{\text{п}} \cdot 60)^2}{2},$$

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем расход электроэнергии на преодоление сопротивления движению для всех значений $V_{\text{п}}$:

$$A_{\text{вп}} = \frac{(G + Q) \cdot g \cdot (w_{\text{пр}} + i) \cdot S_{\text{пр}}}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_{\text{тд}} \cdot \eta_{\text{тп}}} \text{ кВт ч.}$$

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем расход электроэнергии на пусковые потери для всех значений $V_{\text{п}}$:

$$A_{\text{пп}} = \left[\frac{(G + Q) \cdot (1 + \gamma) \cdot V^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot 3600} + \frac{(G + Q) \cdot g \cdot (w_{\text{рп}} + j) \cdot S_{\text{рп}}}{1000 \cdot 3600} \right] \cdot k_{\text{пп}},$$

кВт · ч.

Скорость V выбираем из условия: если $V_{\text{п}} < V_{\text{р}}$, то $V = V_{\text{п}}$, иначе $V = V_{\text{р}}$;

$w_{\text{оп}}$ – усредненное основное удельное сопротивление движению в режиме пуска, Н/кН. Принимается из табл.4;

$k_{\text{пп}}$ – коэффициент пусковых потерь. Принимается по условию: если $N_{\text{с}} = 3$, то $k_{\text{пп}} = 0,5$; если $N_{\text{с}} = 2$, то $k_{\text{пп}} = 3/8$.

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем время разгона до выхода на максимальную ступень ослабления возбуждения ТЭД для всех значений

$$V_{\text{п}}: \quad t_{\text{об}} = \frac{\Delta V}{a_{\text{об}} \cdot 3,6 \cdot 60} \text{ мин.}$$

Приращение скорости ΔV выбираем из условий:

если $V_{\text{п}} < V_{\text{р}}$, то $\Delta V = 0$;

если $V_{\text{р}} < V_{\text{п}} < V_{\text{а}}$, то $\Delta V = V_{\text{п}} - V_{\text{р}}$;

если $V_{\text{п}} \geq V_{\text{а}}$, то $\Delta V = V_{\text{а}} - V_{\text{р}}$;

$a_{\text{об}}$ – среднее ускорение в режиме разгона до выхода на максимальную ступень ослабления возбуждения ТЭД, м/с^2 . Принимается из табл.4.

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем путь разгона до выхода на максимальную ступень ослабления возбуждения ТЭД для всех значений

$$V_{\text{п}}: \quad S_{\text{рОВ}} = \frac{a_{\text{ОВ}} \cdot (t_{\text{ОВ}} \cdot 60)^2}{2},$$

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем расход электроэнергии на преодоление сопротивления движению на пути разгона до выхода на максимальную ступень ослабления возбуждения ТЭД для всех значений $V_{\text{п}}$:

$$A_{\text{wрв}} = \frac{(G + Q) \cdot g \cdot (w_{\text{орв}} + i) \cdot S_{\text{рорв}}}{1000 \cdot 3600 \cdot t_{\text{д}} \cdot t_{\text{п}}} \text{ кВт ч.}$$

$w_{\text{орв}}$ – усредненное основное удельное сопротивление движению на пути разгона до выхода на максимальную ступень ослабления возбуждения ТЭД, Н/кН.

Принимается из табл.4.

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем время разгона на автоматической характеристике ТЭД для всех значений V_{Π} :

$$t_a = \frac{\Delta V}{a_a \cdot 3,6 \cdot 60} \text{, мин.}$$

Приращение скорости ΔV выбираем из условий:

если $V_{\Pi} < V_a$, то $\Delta V = 0$; иначе $\Delta V = V_{\Pi} - V_a$;

a_a – среднее ускорение в режиме разгона на автоматической характеристике ТЭД, м/с^2 . Принимается из табл.4.

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем путь разгона на автоматической характеристике ТЭД для всех значений V_{Π} :

$$S_{\text{ра}} = \frac{a_a \cdot (t_a \cdot 60)^2}{2},$$

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем расход электроэнергии на преодоление сопротивления движению на пути разгона на автоматической характеристике ТЭД для всех значений $V_{\text{п}}$:

$$A_{\text{вп}} = \frac{(G + Q) \cdot g \cdot (w_{\text{ор}} + i) \cdot S_{\text{ра}}}{1000 \cdot 3600 \cdot \tau_{\text{д}} \cdot \tau_{\text{п}}} \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

$w_{\text{ора}}$ – усредненное основное удельное сопротивление движению на пути разгона на автоматической характеристике ТЭД, Н/кН. Принимается из табл.4.

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем суммарный расход электроэнергии на преодоление сопротивления движению на пути разгона для всех значений $V_{\text{п}}$:

$$A_{\text{вр}} = A_{\text{врп}} + A_{\text{вров}} + A_{\text{вра}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем время режима дотормаживания для всех значений V_{Π} :

$$t_{\text{дт}} = \frac{\Delta V}{a_{\text{дт}} \cdot 3,6 \cdot 60} \text{ мин.}$$

Приращение скорости ΔV выбираем из условий:

если $V_{\Pi} < V_{\text{р min}}$, то $\Delta V = V_{\Pi}$; иначе $\Delta V = V_{\text{р min}}$;

$a_{\text{дт}}$ – среднее замедление в режиме дотормаживания, м/с².

Принимается из табл.4.

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем путь режима дотормаживания для всех значений $V_{\text{п}}$:

$$S_{\text{дт}} = \frac{a_{\text{дт}} \cdot (t_{\text{дт}} \cdot 60)^2}{2},$$

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем время режима рекуперативного торможения для всех значений $V_{\text{п}}$:

$$t_{\text{рт}} = \frac{\Delta V}{a_{\text{рт}} \cdot 3,6 \cdot 60} \text{, мин.}$$

Приращение скорости ΔV выбираем из условий:

если $V_{\text{п}} \leq V_{\text{р min}}$, то $\Delta V = 0$; иначе $\Delta V = V_{\text{п}} - V_{\text{р min}}$;

$a_{\text{рт}}$ – среднее замедление в режиме рекуперативного торможения, м/с². Принимается из табл.4.

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем путь режима рекуперативного торможения для всех значений $V_{\text{п}}$:

$$S_{\text{рт}} = \frac{a_{\text{дт}} \cdot (t_{\text{рт}} \cdot 60)^2}{2},$$

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем возврат электроэнергии в режиме рекуперативного торможения для значений $V_{\text{п}} > V_{\text{р min}}$:

$$A_{\text{р}} = \frac{(G + Q) \cdot (1 + \gamma) \cdot (V_{\text{п}}^2 - V_{\text{р min}}^2) \cdot \eta_{\text{тд}} \cdot \eta_{\text{тп}}}{2 \cdot 3,6^2 \cdot 3600} -$$
$$\frac{(G + Q) \cdot g \cdot (w_{\text{ор}} + i) \cdot S_{\text{рт}}}{1000 \cdot 3600} \text{ кВт ч.}$$

$w_{\text{орт}}$ – усредненное основное удельное сопротивление движению на пути рекуперативного торможения, Н/кН.

Принимается из табл.4.

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем путь движения со скоростью V_{Π} для всех значений V_{Π} :

$$S_y = \Sigma S_{\text{эл}} - S_{\text{рп}} - S_{\text{ров}} - S_{\text{ра}} - S_{\text{рт}} - S_{\text{дт}}, \text{ м.}$$

$\Sigma S_{\text{эл}}$ – длина перегона, м. Принимается из таблицы 1.

Рассчитываем время движения со скоростью V_{Π} для всех значений V_{Π} :

$$t_y = \frac{S_y \cdot 60}{V_{\Pi} \cdot 1000}, \text{ мин.}$$

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

Рассчитываем основное удельное сопротивление движению поезда для всех значений V_{Π} аналогично расчету массы состава.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем расход электроэнергии на преодоление основного сопротивления движению на участке движения со скоростью V_{Π} для всех значений V_{Π} :

$$W_{\Pi} = \frac{(G + Q) \cdot g \cdot (w_{\text{ос}} + i) \cdot S_{\text{у}}}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta_{\text{тд}} \cdot \eta_{\text{тп}}},$$

$w_{\text{ос}}$ – основное удельное сопротивление движению на участке движения со скоростью V_{Π} , Н/кН.

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем общее время хода поезда по перегону для всех значений V_{Π} :

$$T_x = t_{\Pi} + t_{\text{ов}} + t_a + t_y + t_{\text{рт}} + t_{\text{дт}}, \text{ мин.}$$

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

Рассчитываем расход электроэнергии на собственные нужды:

$$W_{\text{сн}} = I_{\text{сн}} \cdot \frac{U_{\text{кв}}}{1000} \cdot \frac{N_c}{2} \cdot \frac{T_x}{60},$$

$I_{\text{сн}}$ – расчетный ток, потребляемый на собственные нужды двухсекционного электровоза, А. Принимается по приложению 1.

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем расход электроэнергии на движение поезда по перегону без учета рекуперации для всех значений V_{Π} :

$$A_{\text{т}} = A_{\text{к}} + A_{\text{вр}} + A_{\text{вп}} + A_{\text{пп}} + A_{\text{сн}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

Рассчитываем расход электроэнергии на движение поезда по перегону с учетом рекуперации для всех значений V_{Π} :

$$A = A_{\text{т}} - A_{\text{р}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

Рассчитываем удельный расход электроэнергии на движение поезда по перегону без учета рекуперации для

всех значений $V_{\text{п}}$:

$$a_{\text{бр}} = \frac{1000 \cdot A_{\text{т}}}{(\tau_{\text{ГКМ}}) \cdot \sum S_{\text{эл}}}, \quad \frac{\cdot}{\cdot}$$

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

Рассчитываем удельный расход электроэнергии на движение поезда по перегону с учетом рекуперации для

всех значений $V_{\text{п}}$:

$$a = \frac{1000 \cdot A}{(\tau_{\text{ГКМ}}) \cdot \sum S_{\text{эл}}}, \quad \frac{\cdot}{\cdot}$$

Результаты заносим в соответствующую строку заготовленной таблицы.

7. Расчет расхода электроэнергии на движение поезда по перегону.

На одном графике строим зависимости $a = f(T_x)$, $a_{\text{бр}} = f(T_x)$:

