

СМЯГЧЕНИЕ РУКОВОДЯЩЕГО УКЛОНА В КРИВЫХ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ТРАНСПОРТЕ

Анотация

Как известно, при проектировании продольного профиля необходимо обеспечивать значения уклонов такими, чтобы в сумме с дополнительными сопротивлениями они не превышали руководящего. Это обеспечивает движение поезда с расчетной массой Q на расчетном подъеме i_p со скоростью не ниже расчетно-минимальной. В соответствии с ПТР [1]

$$Q = \frac{F_{кр} - P(w'_o + i_p)}{w''_o + i_p}, \quad (1)$$

где $F_{кр}$ – касательная сила тяги локомотива (кгс) при расчетно-минимальной скорости; P – масса локомотива, т; w'_o, w''_o – основное удельное сопротивление движению (кгс/т), соответственно локомотива и состава, при расчетно-минимальной скорости.

В кривых участках пути руководящий уклон смягчается на величину дополнительного сопротивления от кривых w_R , которое принимается по формуле $w_R = \frac{700}{R}$ при радиусах R 300 метров и более. Для меньших значений радиуса используется формула $w_R = \frac{900}{100 + R}$.

В то же время при движении локомотива в кривых происходит снижение коэффициента сцепления $\psi_{сц}$ до значения $\psi_{сцR}$, которое описывается формулой [2–4]

$$\psi_{сцR} = \psi_{сц} \frac{250 + 1,55R}{500 + 1,1R}. \quad (2)$$

В ПТР [1] формула (2) рекомендуется для электрической тяги при радиусах менее 500 м, а для тепловозной тяги при радиусах менее 800 м используется формула

$$\psi_{сцR} = \psi_{сц} \frac{3,5R}{400 + 3R}. \quad (3)$$

Если это снижение не учитывать при смягчении руководящего уклона, то на таких участках скорость поезда с расчетной массой (1) может падать ниже расчетно-минимальной.

На магистральном транспорте эта особенность не учитывается, так как там значения радиусов достаточно большие, а значения уклонов – небольшие. На промышленном транспорте значения руководящего уклона могут достигать 60 ‰, а радиусы могут быть менее 100 м. Это обстоятельство заставляет учитывать снижение коэффициента сцепления при смягчении руководящего уклона на промышленном транспорте. В то же время рекомендации по этому поводу в литературе отсутствуют.

Для возможности учета дополнительного смягчения руководящего уклона $\Delta i_{\tilde{w}}$ запишем (1) в двух вариантах для прямого и кривого участков и приравняем между собой

$$\begin{aligned} \frac{1000P \cdot \psi_{сц} - P(w'_o + i_p)}{w''_o + i_p} &= \\ &= \frac{1000P \cdot \psi_{сцR} - P(w'_o + i_p - \Delta i_{сц})}{w''_o + i_p - \Delta i_{сц}}. \quad (4) \end{aligned}$$

После некоторых преобразований получим формулу для определения $\Delta i_{сц}$

$$\Delta i_{сц} = \frac{1000(\psi_{сц} - \psi_{сцR})(w''_o + i_p)}{1000\psi_{сц} - w''_o + w''_o}. \quad (5)$$

Значения коэффициента сцепления для разных типов локомотивов и разных условий эксплуатации согласно [1–4] могут определяться по следующим формулам: (в скобках приведены номера типов локомотивов для табл. 1, 2)

- тепловозы ТЭ10 (1)

$$\Psi_{\text{сц}} = 0,118 + \frac{4}{22 + V};$$
- другие магистральные тепловозы (2)

$$\Psi_{\text{сц}} = 0,118 + \frac{5}{27,5 + V};$$
- тепловозы промышленного транспорта (3)

$$\Psi_{\text{сц}} = 0,25 + \frac{8}{100 + 20V};$$
- магистральные электровозы постоянного тока (4)

$$\Psi_{\text{сц}} = 0,25 + \frac{8}{100 + 20V};$$
- промышленные электровозы постоянного тока на постоянных путях (5)

$$\Psi_{\text{сц}} = 0,225 + \frac{7,2}{100 + 20V};$$
- промышленные электровозы постоянного тока на передвижных путях (6)

$$\Psi_{\text{сц}} = 0,01 + \frac{54}{250 + 21V};$$
- магистральные электровозы переменного тока (7)

$$\Psi_{\text{сц}} = 0,28 + \frac{4}{50 + 6V} - 0,0006V;$$
- промышленные электровозы постоянного тока на подъездных путях (8)

$$\Psi_{\text{сц}} = 0,228 + \frac{7}{53 + 3V};$$
- промышленные электровозы переменного тока на постоянных путях карьеров (9)

$$\Psi_{\text{сц}} = 0,21 + \frac{7}{53 + 3V};$$

- промышленные электровозы переменного тока на передвижных путях (10)

$$\Psi_{\text{сц}} = 0,01 + \frac{54}{250 + 21V}.$$

Для исследования влияния характеристик локомотива на величину $\Delta i_{\text{сц}}$ значения w'_0 принимались для соответствующих локомотивов и для разных типов пути (магистральный, подъездной, постоянный и передвижной) по [1–4] при различных значениях расчетно-минимальной скорости. В качестве вариантов вагонов рассматривались думпкары и хоппера. Для всех типов локомотивов, пути и вагонов при различных значениях расчетно-минимальной скорости были выполнены расчеты по определению $\Delta i_{\text{сц}}$. Рассматривались значения руководящего уклона 20, 40 и 60 ‰.

В качестве примера в табл. 1 приведены значения $\Delta i_{\text{сц}}$, полученные для различных локомотивов, вагонов в виде думпкаров, радиуса 200 м, руководящего уклона 60 ‰ и различных значений расчетно-минимальной скорости V_p . Индекс «п» у типа локомотива указывает на передвижные пути. В табл. 2 приведены значения при тех же условиях, но радиусе 100 м.

Расчеты показали, что значение $\Delta i_{\text{сц}}$ может достигать 70 % от величины руководящего уклона и неучет этого фактора может привести к серьезным эксплуатационным проблемам.

Изменения $\Delta i_{\text{сц}}$ для разных типов вагонов оказались незначительными. Также незначительно колебались $\Delta i_{\text{сц}}$ для всех рассматриваемых типов тепловозов и для различных типов электровозов. В то же время отличия $\Delta i_{\text{сц}}$ между тепловозной и электрической тягой оказались значительными.

Таблица 1

V_p	Типы локомотивов														
	1	1п	2	2п	3	3п	4	4п	5	6	7	7п	8	9	10
5					19	19									
10					19	19									
15					19	20			14	15					
20			19	19	19	20			14	15					
25	19	19	19	19	19	20			14	15			14	14	15
30									14	15			15	15	15
45							14	15				14	15		

V _p	Типы локомотивов														
	1	1п	2	2п	3	3п	4	4п	5	6	7	7п	8	9	10
5					32	32									
10					32	32									
15					32	33			22	22					
20			32	32	32	33			22	22					
25	32	32	32	32	32	33			22	22			22	22	23
30									22	22			22	22	23
45							22	22				22	22		

Наиболее существенно значения $\Delta i_{\text{сц}}$ зависят от радиуса кривой и руководящего уклона. Ориентировочные значения $\Delta i_{\text{сц}}$, полученные в результате расчетов и усредненные по типам локомотивов, вагонов и путей, приведены в табл. 3 и на рисунке.

Для сравнения на рисунке показаны значения w_R . Как видно эквивалентное сопротивление от кривых, используемое традиционно при смягче-

нии руководящего уклона, существенно меньше тех потерь, которые дает уменьшение сцепления в кривых участках пути. При малых значениях руководящего уклона (5–10 ‰) и радиусе кривой 400 метров величина $\Delta i_{\text{сц}}$ составляет при тепловозной тяге около 1 ‰, а при электрической – 0,5 ‰. Последнее свидетельствует о необходимости при малых радиусах дополнительного смягчения руководящего уклона и на магистральных линиях.

Таблица 3

Потребная величина смягчения руководящего уклона для учета снижения коэффициента сцепления в кривой

R, м	Тепловозы			Электровозы		
	Руководящий уклон, ‰					
	60	40	20	60	40	20
400	8	5,5	3	5	3,5	2
300	12,5	8,5	5	9,5	6,5	3,5
200	19,5	13,5	7,5	15	10	5,5
100	32	22,5	12,5	22	15,5	9
60	41	28,5	16	26	18	10

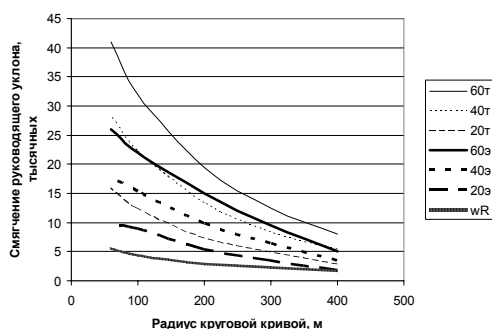


Рис. Зависимость потребной величины смягчения $\Delta i_{\text{сц}}$ от радиуса (индекс т – тепловозная тяга, э – электрическая)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.
2. Правила тяговых расчетов для поездной работы промышленных электровозов и тяговых агрегатов постоянного тока. 2-е изд., вып. 4322. – М.: Промтрансниипроект, 1977. – 88 с.
3. Правила тяговых расчетов для поездной работы промышленных электровозов и тяговых агрегатов переменного тока. 2-е изд., вып. 4323. – М.: Промтрансниипроект, 1977. – 78 с.
4. Правила тяговых расчетов для тепловозов на промышленном транспорте. 2-е изд., вып. 4324. – М.: Промтрансниипроект, 1977. – 117 с.

Поступила в редколлегию 12.02.2007.