

СМЯГЧЕНИЕ РУКОВОДЯЩЕГО УКЛОНА В КРИВЫХ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ТРАНСПОРТЕ

Розглядається вплив зниження коефіцієнта зчеплення в кривих на величину пом'якшення керівного ухилу.

Рассматривается влияние снижения коэффициента сцепления в кривых на величину смягчения руководящего уклона.

Influencing of decline of coefficient of rolling friction is examined in curves on the size of softening of leading slope.

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]

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

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 $\Delta i_{\tilde{пo}}$ запишем (1) в двух вариантах для прямого и кривого участков и приравняем между собой

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

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 приводить 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			

Таблица 2

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

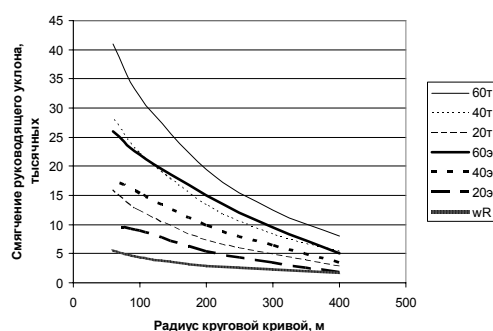


Рис. Зависимость потребной величины смягчения $\Delta i_{\text{до}}$ от радиуса
(индекс т – тепловозная тяга, э – электрическая)

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.