

МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

В І С Н И К

**Дніпропетровського
національного університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна**

Випуск 16

Дніпропетровськ
2007

Редакційна колегія:

Головний редактор д-р техн. наук *Пишійко О. М.*
Заступник головного редактора д-р техн. наук *Мямлін С. В.*
Члени редколегії: д-р біолог. наук *Дворецький А. С.*;
д-ри техн. наук *Блохін С. П., Бобровський В. І., Боднар Б. Є., Босов А. А., Браташ В. О., Вакуленко І. В., Гетьман Г. К., Дубинець Л. В., Жуковицький І. В., Заблудовський В. О., Загарій Г. І., Казакевич М. І., Колесов С. М., Коротенко М. Л., Костін М. О., Курган М. Б., Петренко В. Д., Пунагін В. М., Радкевич А. В., Разгонов А. П., Рибкін В. В., Скалозуб В. В., Хандецький В. С., Шафіт Є. М.*;
д-ри фіз.-мат. наук *Гаврилюк В. І., Кравець В. В.*;
д-ри хім. наук *Біляєв М. М., Нейковський С. І., Федін О. В.*;
д-ри екон. наук *Бабіч В. П., Драгун Л. М., Зайцева Л. М.*
Крамаренко В. Д., Покотілов А. А.;
Відповідальний секретар канд. техн. наук *Корженевич І. П.*

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 7704.
Видане Державним комітетом телебачення і радіомовлення України 08.08.2003 р.*

*Друкується за рішенням вченої ради Дніпропетровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна від 25.06.2007, протокол № 13*

Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка
В53 В. Лазаряна. – Вип. 16. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна,
2007. – 117 с.

У статтях наведені наукові дослідження, виконані авторами в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна та інших організаціях. Статті присвячені вирішенню актуальних питань залізничного транспорту за такими напрямками: автоматизовані системи керування на транспорті, екологія на транспорті, економіка транспорту, електричний транспорт, залізнична колія, моделювання задач транспорту та економіки, ремонт та експлуатація засобів транспорту, рухомий склад і тяга поїздів, транспортне будівництво.

Вісник становить інтерес для працівників науково-дослідних організацій, викладачів вищих навчальних закладів, докторантів, аспірантів, магістрантів та інженерно-технічних працівників.

В статтях отражены научные исследования, выполненные авторами в Днепропетровском национальном университете железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна и других организациях. Статьи посвящены решению актуальных вопросов железнодорожного транспорта по следующим направлениям: автоматизированные системы управления на транспорте, экология на транспорте, экономика транспорта, электрический транспорт, железнодорожный путь, моделирование задач транспорта и экономики, ремонт и эксплуатация транспортных средств, подвижной состав и тяга поездов, транспортное строительство.

Вестник представляет интерес для работников научно-исследовательских организаций, преподавателей высших учебных заведений, докторантов, аспирантов, магистрантов и инженерно-технических работников.

ББК 39.2

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 $\Delta i_{\tilde{n}o}$ 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 хопера. 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

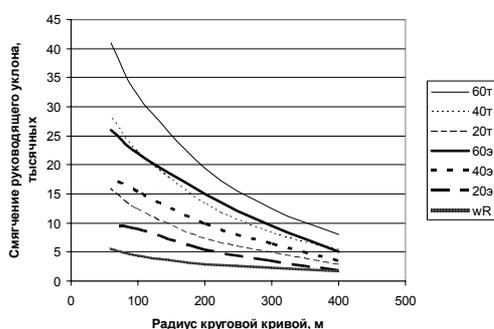


Рис. Зависимость потребной величины смягчения $\Delta i_{\text{сц}}$ от радиуса (индекс т – тепловозная тяга, э – электрическая)

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.

Наукове видання

В І С Н И К

Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Випуск 16

Українською, російською та англійською мовами

Відповідальний за випуск *І. П. Корженевич*

Комп'ютерна верстка *Я. І. Заїць*

Здано до набору 31.03.2007. Підписано до друку 25.06.2007. Формат 60×84 1/8.

Папір офсетний. Друк офсетний. Умов. друк. арк. 00,00.

Обл.-вид. арк. 00,00. Тираж 100 прим. Замовлення № 000. Видавн. № 00.

Видавництво Дніпропетровського національного університету залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна. ДК № 1315 від 31.03.2003

Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії:
49010, Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, www.diitrvv.dp.ua, admin@diitrvv.dp.ua