Приложение к указанию МПС России
от 17.03.97 г. № С 333у

МЕТОДИКА

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗВЫШЕНИЯ НАРУЖНОГО РЕЛЬСА

В КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ

gost.e-ecolog.ru

Утверждаю

Начальник Департамента пути и сооружений

С.А.Рабчук

" 12 " февраля 1997 г.

1. Методика предназначена для определения величины возвышения наружного рельса (в дальнейшем - "возвышение") в круговых кривых, расположенных на эксплуатируемых главных путях. На станционных путях возвышение устанавливается в соответствии с Инструкцией по текущему содержанию пути.

Допускаемые скорости движения поездов по сопряжениям кривых и стрелочным переводам, уложенным в кривых, устанавливаются в соответствии с приказом МПС № 2ЦЗ от 14 июля 1994 г.

2. Возвышение должно устраиваться в кривых участках пути радиусов 4000 м и менее. Максимальная величина возвышения не должна превышать 150 мм. Перерасчету подлежат возвышения в кривых, в которых наблюдаются повышенный износ рельсов по одной из ниток, интенсивные расстройства по ширине колеи и направлению в плане, допускаемые скорости по возвышению и его отводу не соответствуют друг другу, начало и конец отводов по кривизне и возвышению не совпадают более чем на 10 м, реализуемые скорости на 10-15 % отличаются от максимальных установленных дорожным приказом или от ранее принятых в расчете возвышения, в том числе и из-за введения длительных ограничений скорости, а также кривые на участках запланированных капитальных работ.

Величина возвышения в круговой кривой определяется начальником дистанции пути и утверждается начальником железной дороги.

3. Величина возвышения в кривой в мм определяется по формулам:

- для пассажирского поезда

$$h_{p_{пасс}} = 12{,}5 \frac{V^2_{max_{пасс}}}{R} - 115 \qquad (1),$$

- для грузового поезда

$$h_{p_{гр}} = 12{,}5 \frac{V^2_{max_{гр}}}{R} - 50 \qquad (2),$$

- для потока поездов

$$h_{p_{пот}} = 12{,}5 \frac{\overline{V}^2_{пр}}{R} \qquad (3),$$

где $V_{max_{пасс}}$ и $V_{max_{гр}}$ - максимальные скорости соответственно пассажирского и грузового поезда, установленные в кривой по приказу Начальника дороги (км/ч);

$\overline{V}_{пр}$ - приведенная скорость поездопотока, определяемая согласно приложению 1 (км/ч);

R - радиус круговой кривой (м).

Из рассчитанных по формулам (1)-(3) величин возвышения принимается большее.

Предварительный выбор формулы, дающей большее возвышение, может быть проведен по номограмме, приведенной в приложении 2.

В расчетах также используется величина $V_{П_{гр_ф}}$ - фактическая скорость потока грузовых поездов, определяемая согласно приложению 1.

4. Для многорадиусных кривых величина возвышения рассчитывается по минимальному радиусу, полученному после расчета выправки кривой. При этом для других радиусов должно обеспечиваться соблюдение нормативов по предельным непогашенным ускорениям в соответствии с Приказом 2ЦЗ от 14.7.1994 г.

Величина радиуса может быть определена по ленте путеизмерителя ЦНИИ-2 по приближенной формуле (для масштаба записи 1:2)

$$R \approx \frac{17758}{f} \qquad (4),$$

где f - расстояние по вертикали на ленте между нулевой линией, соответствующей прямому участку пути, и средней линией, проведенной на записи рихтовки для всей круговой кривой или ее части.

Соотношение величин R и f представлено в табл. 1.

Таблица 1

R, м	f, мм		R, м	f, мм
200	89		450	39
225	79		500	36
250	71		550	32
275	65		600	30
300	59		650	27
325	55		700	25
350	51		800	22
400	44		900	20
			1000	18

5. При проверке параметров устройства пути в кривых путеизмерителем ЦНИИ-4 автоматически определяются значения R и h по длине кривой и на печать выдается максимальная допустимая скорость движения.

6. При определении возвышения по формуле (1) рациональная работа пути обеспечивается при скоростях движения потока грузовых поездов, лежащих в пределах

$$\sqrt{V^2_{max_{пасс}} - 5{,}2R} \geq V_{П_{гр_ф}} > \sqrt{V^2_{max_{пасс}} - 13R} \qquad (5),$$

что соответствует уровню непогашенных ускорений грузовых поездов ±0,3 м/с^2.

Если фактическая скорость потока грузовых поездов $V_{П_{гр_ф}}$ не соответствует формуле (5), например, на руководящих подъемах и в местах дейст-

вия длительных предупреждений, рекомендуется определить максимальную скорость пассажирских поездов по формуле

$$V_{пасс_{max}} = \sqrt{V^2_{П_{гр_ф}} + 13R} \qquad (6),$$

и повторить расчет возвышения или повысить фактические скорости грузовых поездов.

7. При определении величины возвышения по формуле (2) необходимо провести проверку нахождения фактических скоростей потока грузовых поездов в пределах диапазона рациональных скоростей по формуле

$$V_{П_{гр_ф}} \geq \sqrt{V^2_{гр_{max}} - 7{,}8R} \qquad (7).$$

Если фактическая скорость потока грузовых поездов $V_{П_{гр_ф}}$ ниже, чем определенная по формуле (7), в силу причин, изложенных в п. 6, рекомендуется определить максимальную скорость пассажирских поездов по формуле (6), проверить соотношение максимальных скоростей пассажирских и грузовых поездов по формуле

$$V_{max_{пасс}} = \sqrt{V^2_{max_{гр}} + 5{,}2R}, \text{ а также} \qquad (8)$$

уровень максимальных скоростей грузовых поездов по формуле

$$V_{max_{гр}} = \sqrt{V^2_{П_{гр_ф}} + 7{,}8R} \qquad (9)$$

и после корректировки максимальных скоростей грузовых и пассажирских поездов повторить расчет возвышения.

8. При определении возвышения по формуле (3) необходимо проверить соотношение фактической скорости потока грузовых поездов и максимальных скоростей по формулам (6) и (9) и при необходимости ввести ограничения максимальных скоростей с соответствующим пересчетом возвышения или разработать меры по повышению скоростей грузовых поездов.

9. Допускаемые скорости движения по величине отвода возвышения в переходных кривых должны соответствовать нормативам, приведенным в приложении 3.

Величину возвышения круговой кривой следует взаимоувязывать с величиной отвода возвышения в переходной кривой, особенно в стесненных местах, с подбором этих параметров, исходя из непревышения нормативов непогашенных ускорений при установлении максимальной скорости движения.

10. Отводы возвышения и кривизны в переходных кривых должны совпадать между собой. Допускается до переустройства кривой несовпадение этих отводов, если величина изменения непогашенного ускорения не превышает $\Psi \leq 0{,}6$ м/с^3. Его величина определяется по формуле

$$\Psi = \frac{(a_{нп_2} - a_{нп_1})\, V_{max_{пасс}}}{3{,}6\Delta L} \qquad (10),$$

где $a_{нп_1}$ и $a_{нп_2}$ - величины непогашенных ускорений в смежных точках несовпадения отводов по кривизне и возвышению, для которых производится расчет (м/с^2);

ΔL - расстояние между этими точками (м).

Значения $a_{нп_1}$ и $a_{нп_2}$ определяются по формуле:

$$a_{нп_i} = \frac{V^2_{max_{пасс}}}{13\, R_i} - 0{,}0061\, h_i \qquad (11),$$

где R_i и h_i - величины радиуса и возвышения наружного рельса в этих точках.

11. В зависимости от конкретных условий работы пути в кривой, в том числе интенсивности износа рельсов по обеим нитям кривой, полученная расчетом величина возвышения при необходимости может корректироваться в пределах нормативов допускаемых непогашенных ускорений. При этом должен быть проверен уровень реализуемых максимальных скоростей в кривой, что может быть сделано по скоростемерным лентам. Если эти скорости ниже установленных дорожным приказом, то максимальные скорости следует привести в соответствие с реализуемыми, не допуская избытка величины возвышения в кривой.

12. В кривых, расположенных на участках рекуперативного торможения, рекомендуется для компенсации действия продольных сжимающих сил увеличивать полученное расчетом возвышение на величину до 20 %, а на кривых, расположенных на руководящих подъемах и близких к ним, для компен-

сации продольных растягивающих сил уменьшать полученное расчетом возвышение на величину до 15 %. При этом должны соблюдаться нормативы по предельным непогашенным ускорениям.

Порядок расчета возвышения приведен в приложении 4.

Заместитель начальника
Департамента пути и сооружений
В.Б.Каменский

Заместитель директора
ВНИИЖТа
В.М.Богданов

Исп. Певзнер В.О.
ВНИИЖТ КИ
189-31-52
180-70-20

1. Точная величина приведенной скорости поездопотока $\overline{V}_{пр}$ для расчета возвышения по формуле (3) определяется по формуле

$$\overline{V}_{пр} = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} n_i \cdot Q_i \cdot V_i^2}{\sum_{1}^{n} n_i \cdot Q_i}} \qquad (1),$$

где n_i - число поездов,

Q_i - масса поезда,

V_i - фактическая скорость движения поезда.

2. Фактические скорости определяются на основании обработки скоростемерных лент по следующей методике:

2.1. Производится отбор по 5 скоростемерных лент в месяц в течение не менее 6 мес. по каждому виду поездов и по ним определяется скорость каждого конкретного поезда, реализованная в кривой. В результате по каждому виду поездов будет получен статистический ряд скоростей.

2.2. Производится обработка полученного статистического ряда с исключением из него значений минимальной и максимальной скорости или обеих сразу, если они не принадлежат к данной генеральной совокупности.

Для этого находят:

- среднее значение ряда

$$\overline{V} = \frac{1}{N} \sum_{1}^{N} V_i \qquad (2),$$

где N - число значений в статистическом ряду;

V_i - значение скорости по данным конкретной скоростемерной ленты;

- среднеквадратическое отклонение ряда

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{1=1}^{N} (V_i - \overline{V})^2} \qquad (3).$$

2.3. Определяется значение критерия, по величине которого можно судить, является ли минимальное значение скорости типичным для данного ряда

$$T_{min} = \frac{\overline{V} - V_{min_{ряда}}}{S} \qquad (4).$$

Далее сравнивают полученное значение T_{min} с нормативным критерием С по табл. 1. При $T_{min} > C$ минимальное значение скорости ($V_{min\ ряда}$) исключается из статистического ряда как нетипичное. Если $T_{min} \leq C$, статистический ряд не корректируется.

Таблица 1

Величина критерия С

Число членов статистического ряда, N									
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2,52	2,55	2,58	2,60	2,60	2,62	2,66	2,68	2,70	2,72

2.4. Устанавливают, является ли типичным максимальное значение скорости для данного ряда, определяя критерий T_{max}.

$$T_{max} = \frac{V_{max_{ряда}} - \overline{V}}{S} \qquad (5).$$

Максимальная скорость исключается из ряда как нетипичная, если $T_{max} > C$. В том случае, когда из ряда исключалось минимальное значение скорости, перед определением T_{max} по формуле (5) необходимо скорректировать значения $\overline{V}$ и S, вычисляемые по формулам (2) и (3).

2.5. Окончательная величина среднего значения скорости для каждого ряда определяется по формуле (2) с учетом изменения значений N и $\sum_{1}^{N} V_i$, если минимальное или максимальное значение скорости было признано нетипичным для данного ряда.

2.6. Получив после обработки скоростемерных лент значения средней скорости по каждому виду поездов, допускается определение приведенной скорости поездопотока в кривой по упрощенной формуле

$$\overline{V}_{пр} = \frac{\Gamma_{пасс} \cdot \overline{V}_{пасс} + \Gamma_{гр} \cdot \overline{V}_{гр}}{\Gamma_{пасс} + \Gamma_{гр}} \qquad (6),$$

где $\Gamma_{пасс}$ и $\Gamma_{гр}$ - грузонапряженность по отчетным данным в пассажирском и грузовом движении, млн. т км брутто / км·час ;

$\overline{V}_{пасс}$ и $\overline{V}_{гр}$ - средние скорости по результатам обработки скоростемерных лент.

До внедрения аппаратно-программных комплексов обработки скоростемерных лент допускается упрощенный порядок обработки, при котором из полученного ряда скоростей исключаются по 3 максимальных и минимальных значения, а затем находится среднее значение скорости.

3. На перегонах без резких переломов профиля допускается определение $\overline{V}_{пр}$ по формуле

$$\overline{V}_{пр} = (K_1 + K_2) \frac{V_{хп} \Gamma_{пасс} + V_{хг} \Gamma_{гр}}{\Gamma_{пасс} + \Gamma_{гр}} \qquad (7),$$

где $V_{хп}$ и $V_{хг}$ - ходовые скорости пассажирских и грузовых поездов. Первый коэффициент относится к скоростям, взятым по режимным картам вождения поездов, второй - к скоростям по тяговым расчетам,

$\Gamma_{пасс}$ и $\Gamma_{гр}$ - годовая грузонапряженность брутто в пассажирском и грузовом движении по отчетным данным.

Коэффициенты K_1 и K_2 определяются для 1-2 кривых сравнением скоростей по скоростемерным лентам и соответственно по режимным картам и тяговым расчетам. Для среднесетевых условий $K_1 = 0{,}92$; $K_2 = 0{,}85$.

4. Фактическая скорость потока грузовых поездов $V_{П_{гр\phi}}$ определяется по методике, изложенной в пп. 2 и 3, с обработкой только скоростемерных лент грузовых поездов.

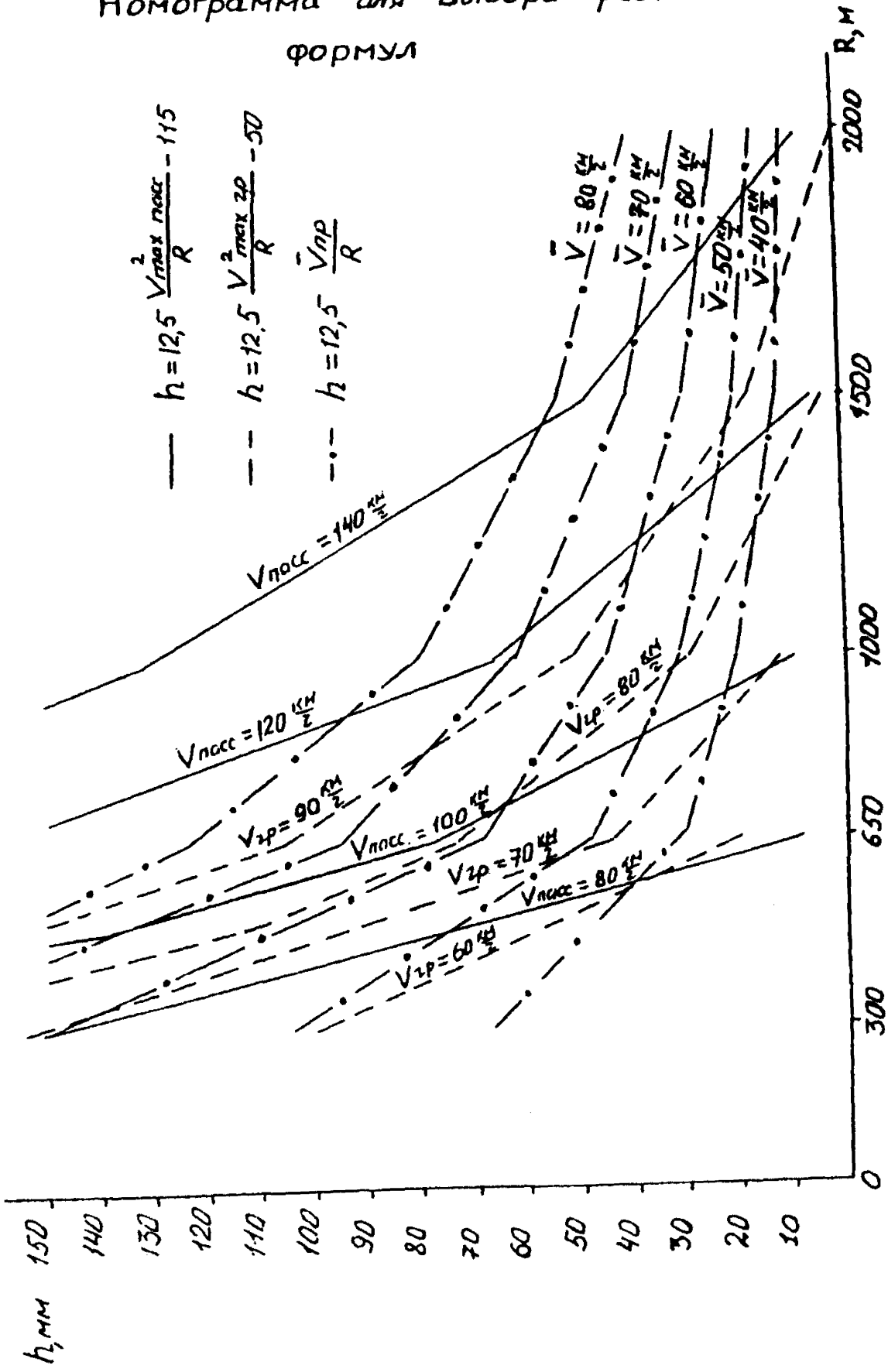
Пример пользования номограммой Приложения 2

Пусть в кривой радиусом 1000 м максимальная скорость пассажирских поездов 120 км/ч, грузовых - 80 км/ч, а средневзвешенная скорость потока поездов $\overline{V}$ = 70 км/ч.

На вертикали, соответствующей радиусу 1000 м, находим точки ее пересечения с линией $V_{пасс}$ = 120 км/ч, $V_{гр}$ = 80 км/ч и $\overline{V}$ = 70 км/ч. Наибольшее значение возвышения (65 мм) требуется для линии $V_{пасс}$ = 120 км/ч, следовательно расчет возвышения нужно вести по формуле (1).

Приложение 2

Номограмма для выбора расчетных формул



Приложение 3

Уклон отвода возвышения наружного рельса	Скорость движения не более, км/ч
0,00067 и положе	160
от 0,00068 до 0,001	120
от 0,0011 до 0,0012	110
от 0,0013 до 0,0014	100
от 0,0015 до 0,0016	90
0,0017	85
от 0,0018 до 0,0019	80
от 0,0020 до 0,0021	75
от 0,0022 до 0,0023	70
от 0,0024 до 0,0025	65
от 0,0026 до 0,0027	60
от 0,0028 до 0,0029	55
0,003	50

Приложение 4

Пример расчета

Определить возвышение наружного рельса в кривой радиуса 600 м при максимальной скорости движения по приказу Начальника дороги пассажирских поездов - 110 км/ч, грузовых - 80 км/ч. Средние скорости движения по скоростемерным лентам составляют для пассажирских поездов - 95 км/ч, для грузовых - 50 км/ч. Грузонапряженность в пассажирском движении 10 млн. ткм/км, в грузовом - 20 млн. ткм/км в год (брутто).

1. Определяем приведенную скорость потока поездов

$$\overline{V}_{пр} = \frac{\overline{V}_{п} \cdot \Gamma_{п} + \overline{V}_{гр} \cdot \Gamma_{гр}}{\Gamma_{п} + \Gamma_{гр}} = \frac{95 \times 10 + 50 \times 20}{30} =$$

$$= 65 \text{ км/ч}.$$

2. Определяем расчетные возвышения:

по формуле (1) $h = 12{,}5 \frac{V^2_{max_{пасс}}}{R} - 115 = 140$мм;

по формуле (2) $h = 12{,}5 \frac{V^2_{max_{гр}}}{R} - 50 = 85$мм;

по формуле (3) $h = 12{,}5 \frac{\overline{V}^2}{R} = 90$мм.

Принимаем h = 140 мм.

3. Проверяем соотношение скоростей по формуле (5)

$$\sqrt{V^2_{max_{пасс}} - 5{,}2R} \geq V_{п_{гр\phi}} \rangle \sqrt{V^2_{max_{пасс}} - 13R}$$

$$\sqrt{12100 - 5{,}2 \cdot 600} \geq 50 \rangle \sqrt{12100 - 13 \cdot 600}$$

$$95 > 50 > 65$$

Поскольку нарушено второе неравенство, проводим перерасчет.

4. Определяем ограничение максимальной скорости пассажирского поезда по формуле (6)

$$V_{max_{пасс}} = \sqrt{V^2_{П_{гр_ф}} + 13R} = \sqrt{2500 + 7800} = 100 \text{ км/ч.}$$

5. Пересчитываем возвышение по формуле (1)

$$h = 12{,}5\frac{V^2_{max_{пасс}}}{R} - 115 = 95 \text{мм.}$$

Вывод:

При скорости потока грузовых поездов 50 км/ч в кривой радиуса 600 м оптимальным является возвышение 95 мм с ограничением скорости пассажирских поездов до 100 км/ч.

При недопустимости ограничения максимальной скорости пассажирских поездов необходимо повысить фактические скорости грузовых поездов.

gost.e-ecolog.ru