

ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ОСЖД)

I издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу
3-5 июня 2014 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу
21-24 октября 2014 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава

Дата вступления в силу: 24 октября 2014 года

P 500/5

**КИНЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА
ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ ПОДВИЖНОГО
СОСТАВА, ГАБАРИТА ПРИБЛИЖЕНИЯ СТРОЕНИЙ И
РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ОСЯМИ ПУТЕЙ**

Настоящая Памятка разработана исходя из следующих, действующих в рамках ОСЖД, Памяток с целью их объединения и актуализации. Кроме того, учтены Памятки:

- Р 500-4 «Кинематические габариты подвижного состава на основе статических габаритов 1-ВМ и 2-ВМ железных дорог стран – членов ОСЖД»;

- Р500-5 «Кинематический метод по расчету габарита приближения строений и расстояний между осями путей».

МСЖД:

№ 505-1 «Железнодорожный подвижной состав. Габариты подвижного состава»; 7-е издание;

№ 505-4 «Результаты пользования кинематических габаритов подвижного состава положенных в памятках серии 505 для габарита приближения строений и расстояний между осями путей».

ОСЖД:

О+Р 500 «Габариты подвижного состава и приближения строений», IV издание от 22.11.1996 г.

Данная Памятка распространяется на пассажирские вагоны и имеет рекомендательный характер.

ЧАСТЬ 1. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ОГРАНИЧЕНИЙ

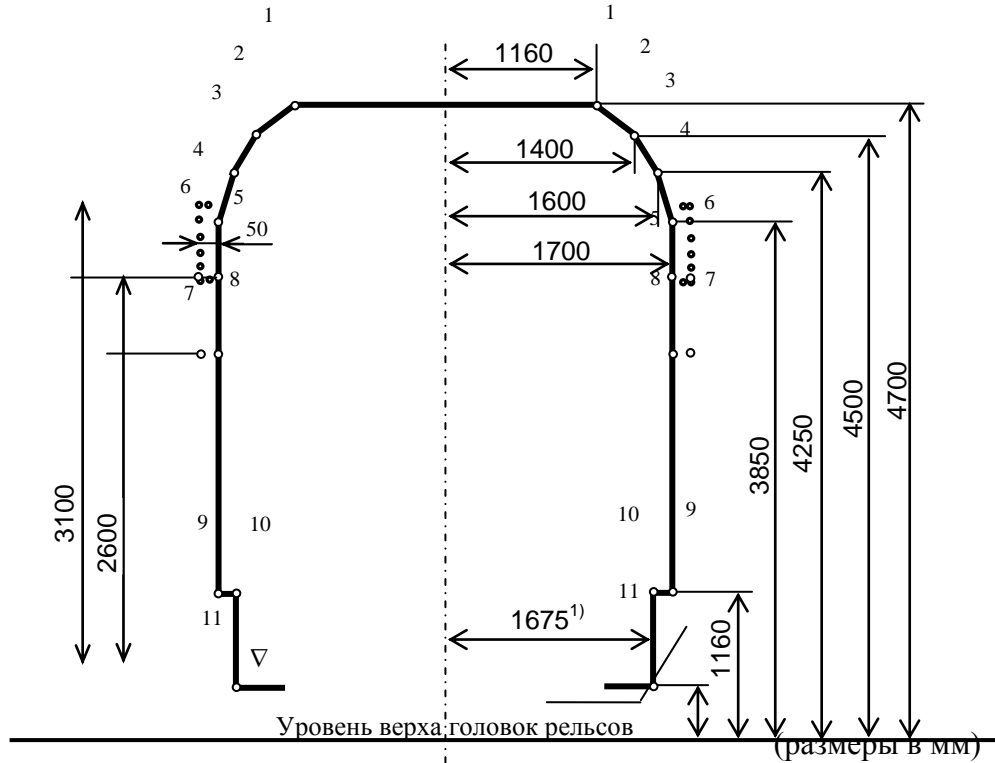
1. Основные положения

1.1. Кинематические габариты подвижного состава 1-ВМ_к и 2-ВМ_к железных дорог стран - членов ОСЖД распространяются на вновь создаваемый пассажирский состав, предназначенный для эксплуатации со скоростями 160 км/ч и более в международных сообщениях по магистральным и другим, переустроенным, как минимум, под габарит соответственно 1-СМ и 2-СМ, линиям железных дорог стран - членов ОСЖД.

1.2. Исходные очертания кинематических габаритов (Besugslinie) в верхней части имеют размеры, совпадающие с размерами очертаний верхних частей статических габаритов 1-ВМ и 2-ВМ Памятки О+Р 500, и обозначаются 1-ВМ_к и 2-ВМ_к (рисунки 1.1 и 1.2). Нижние очертания кинематических габаритов 1-ВМ_к и 2-ВМ_к

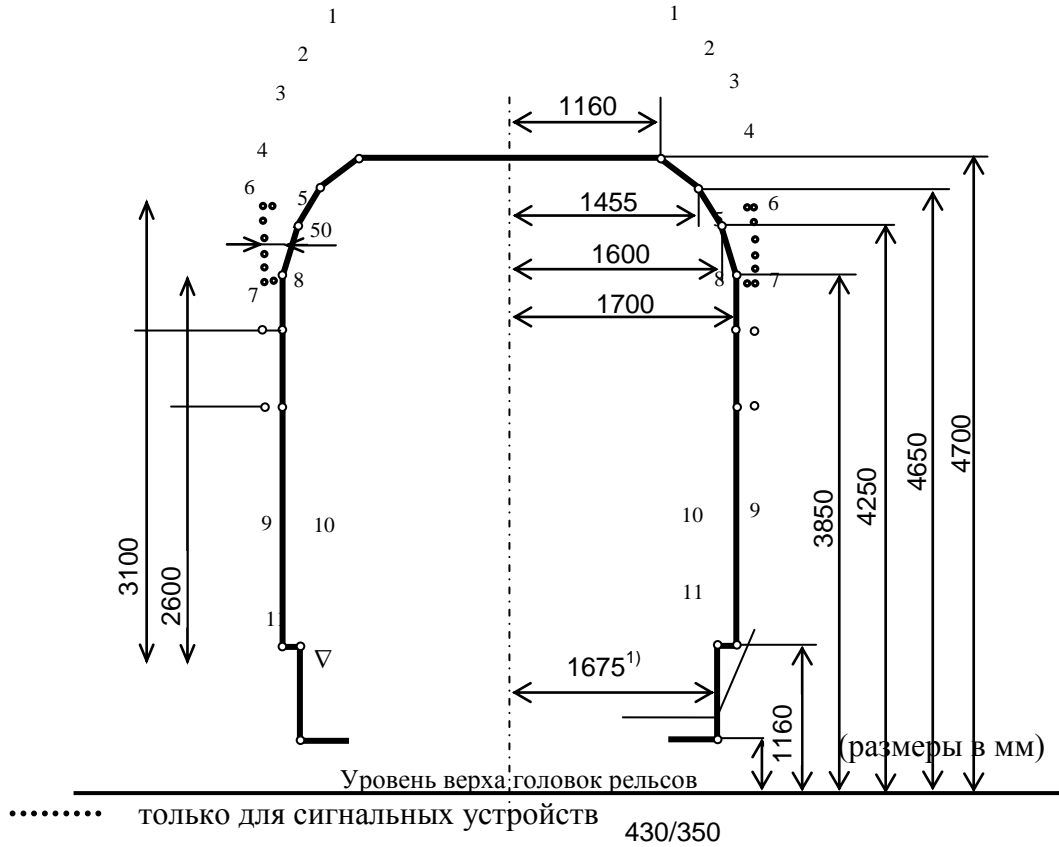
совпадают с нижними очертаниями статического габарита 1-ВМ по черт. 8-10 Памятки О+Р 500.

Рисунок 1.1. Верхнее очертание кинематического габарита 1-ВМ_к



..... только для сигнальных устройств 430/350

¹⁾ При этой полуширине габарита, согласно Памятке О+Р 500, полуширина вагона должна быть не более 1625 мм

Рисунок 1.2. Верхняя часть кинематического габарита 2-ВМ_к

¹⁾ При этой полуширине габарита 2-ВМ_к, согласно Памятке О 500, полуширина исходного очертания габарита должна быть не более 1625 мм

1.3. Настоящей Памяткой устанавливается кинематический метод расчета горизонтальных ограничений ширины обрессоренных частей пассажирского подвижного состава. Метод разработан исходя из учета следующего определения кинематического габарита:

- кинематический габарит железнодорожного подвижного состава: Габарит, для которого устанавливают метод расчета строительных размеров проектируемого железнодорожного подвижного состава с учетом всех возможных поперечных горизонтальных смещений данной части железнодорожного подвижного состава, установленных для статического габарита и, кроме того, возникающих вследствие наклона кузова на рессорах под воздействием центробежной силы и горизонтальной составляющей силы тяжести в кривых с возвышением наружного рельса.

Определение Статического габарита железнодорожного подвижного состава, на который даётся ссылка в кинематическом габарите, следующее: «Габарит, для которого устанавливают метод расчета строительных размеров проектируемого железнодорожного подвижного состава с учетом возможных поперечных горизонтальных смещений данной части железнодорожного подвижного состава относительно оси пути вследствие наибольших допускаемых разбегов (зазоров) и износов деталей ходовых частей».

Вертикальные ограничения подвижного состава, вписываемого в кинематические габариты 1-ВМ_к и 2-ВМ_к, определяются по статическому методу в соответствии с Памяткой О+Р 500.

1.4. Кинематический метод расчета горизонтальных ограничений подвижного состава предусматривает учет поперечных смещений вследствие:

- зазоров между колесом и рельсом при наиболее неблагоприятной установке колесных пар в колее в прямых и кривых участках пути $(1465-1410)/2 \cdot (2n_a+a)/a$; $(1465-1410)/2 \cdot (n_a+a)/a$;

- максимальных износов в ходовых частях $q+w$;

- геометрических выносов, возникающих при установке подвижного состава в расчетной кривой радиуса $R = 200$ м, по хорде, превышающей аналогичные выносы расчетного вагона, имеющего базу $a = 17$ м и длину кузова $L = 24$ м, в расчетной кривой, равных $36000/R = 180$ мм; ($n_i = a/2 = 8,5$ м; $n_a = 3,5$ м);

- квазистатических наклонов обрессоренных частей подвижного состава на рессорах под действием силы тяжести или центробежной силы при движении в кривой с различными скоростями. Квазистатические смещения характеризуются коэффициентом наклона;

- асимметрии нагрузки, конструктивных и установочных допусков, превышающих $0,6^\circ$;

- дополнительных геометрических выносов подвижного состава в кривых радиуса $R = 150$ м сверх аналогичных выносов расчетного вагона.

1.5. Коэффициент наклона определяется как отношение угла наклона обрессоренных частей подвижного состава, установленного на пути с возвышением рельса, измеренного от перпендикуляра к плоскости катания колес, к углу наклона указанной плоскости к горизонтали.

Коэффициент наклона рассчитывается теоретически или определяется экспериментально при исключении асимметрии и трения в рессорах и демпферах подвижного состава при полной его загрузке.

1.6. Квазистатические поперечные смещения, учитываемые в ограничениях ширины подвижного состава, определяются вследствие прогиба рессор под воздействием возвышения наружного рельса или недостатка возвышения, равного 75 мм, если коэффициент наклона не превосходит расчетного значения, равного 0,4. Если коэффициент наклона более 0,4, то в ограничениях ширины подвижного состава дополнительно учитываются квазистатические смещения при возвышении наружного рельса 150 мм сверх аналогичных смещений при расчетном коэффициенте наклона.

2. Кинематический метод расчета горизонтальных ограничений для пассажирского подвижного состава

2.1. Для определения допустимой ширины вагона необходимо уменьшить горизонтальные размеры исходного очертания габарита с каждой стороны (полуширину) на рассматриваемой высоте на величину ограничений E_i или E_a , правила расчета которых приводятся ниже, а обозначения в расчетных формулах – в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Обозначения, принятые в расчетах по кинематическому габариту

Обозначение	Определения
1	2
E_i	Внутреннее ограничение (уменьшение) половины ширины исходного очертания габарита для сечений вагона, расположенных между крайними осями бестележного вагона или между шкворнями - тележного вагона
E_a	Наружное ограничение (уменьшение) половины ширины исходного очертания габарита для сечений вагона, расположенных снаружи крайних осей бестележного вагона или снаружи шкворней - тележного.
a	Расстояние между крайними осями бестележного вагона или между шкворнями тележного – база вагона.
n	Расстояние от рассматриваемого поперечного сечения вагона до ближайшей крайней оси бестележного вагона или ближайшего шкворня - тележного.
n_i	То же для рассматриваемого внутреннего сечения вагона, расположенного между колесными парами или шкворнями.
n_a	То же для рассматриваемого внешнего сечения вагона, расположенного снаружи колесных пар или шкворней.
n'_i, n'_a	То же от внутреннего и наружного поперечного сечения рамы тележки.
P	База тележки (расстояние между осями тележек).
d	Предельное значение расстояния между наружными гранями гребней предельно изношенных колесных пар, измеряемое ниже круга катания на расстоянии 10 мм, составляет 1410 мм для всех габаритов (кроме 1-ВМ) железных дорог ширины колеи 1435 мм, а для верхнего очертания габарита 1-ВМ – 1489 мм.
R	Расчетный радиус кривой: 250 м – колея 1435 мм; 200 м – колея 1520 мм
q	Наибольшее возможное поперечное перемещение в направляющем сечении в одну сторону из центрального положения рамы тележки относительно колесной пары вследствие наличия зазоров при максимальных износах и деформаций упругих элементов в буксовом узле и узле сочленения рамы тележки с буксой, м
Δq	Возможное поперечное смещение деталей относительно рамы тележки вследствие зазоров и износов в шарнирах соединения с рамой, мм.
w	Поперечное смещение между рамами тележек и кузовом.
$w_{i,R}$	Поперечное смещение кузова относительно тележки, зависящее от радиуса кривой, по направлению внутрь кривой ($w_{i(R=200)}$).
$w_{a,R}$	Поперечное смещение кузова относительно тележки по направлению к наружной стороне кривой ($w_{a(R=200)}$).
w_∞	Поперечное смещение кузова относительно тележки при нахождении вагона в прямой.

1	2
z	Отклонение от среднего положения на пути вследствие квазистатического бокового наклона и асимметрии.
	<p>Часть отклонения, возникающая из-за наклона на рессорах (поперечное смещение, вследствие прогиба рессор под воздействием возвышения наружного рельса или недостатка возвышения, равного 0,05 м (для колеи 1435 мм); 0,075 м (для колеи 1520 мм))</p> $\frac{s}{30} h - h_c \quad (\text{для колеи } 1435 \text{ мм}) \qquad \frac{s}{20} h - h_c \quad (\text{для колеи } 1520 \text{ мм})$
	<p>Часть отклонения, обусловленная асимметрией (поперечное смещение вследствие асимметрии, превышающей 1° для колеи 1435 мм; 0,6° для колеи 1520 мм)</p> $\tan(\eta_0 - 1^\circ \text{ (или } 0,6^\circ)_{>0}) h - h_c $
	<p>Сумма двух частей при необходимости увеличивается на член, учитывающий недостаток или избыток возвышения наружного рельса в размере $D(I) = 0,200$ м (1435 мм); $D(I) = 0,150$ м (1520 мм)</p> $\left[\frac{s}{10} h - h_c - 0,04[h - 0,5]_{>0} \right]_{>0}$
	<p>Для обрессоренных частей вагона на высоте h суммарная величина z равна:</p> $z = \left[\frac{s}{30} + \tan[\eta_0 - 1^\circ]_{>0} \right] \cdot h - h_c + \left[\frac{s}{10} h - h_c - 0,04[h - 0,5]_{>0} \right]_{>0}$
	<p>Для вагонов, имеющих зазор в скользунах (J) более чем 5 мм</p> $z = \left\{ \frac{s}{30} + \tan \left[\eta_0^B + \left(\arctan \frac{(J - 0,005)_{>0}}{b_G} \right) (1 + s) - 1^\circ \right]_{>0} \right\} h - h_c +$ $+ \left[\frac{s}{10} h - h_c - 0,04[h - 0,5]_{>0} \right]_{>0}$ <p>или</p> $z = \left\{ \frac{s}{20} + \tan \left[\eta_0^B + \left(\arctan \frac{(J - 0,005)_{>0}}{b_G} \right) (1 + s) - 1^\circ \right]_{>0} \right\} h - h_c +$ $+ \left[\frac{s}{10} h - h_c - 0,04[h - 0,5]_{>0} \right]_{>0}$
Особые случаи:	

1	2
	<p>Если</p> $\left. \begin{array}{l} h > h_c > 0,5 \text{ м} \\ s \leq 0,4 \\ \eta_0 \leq 1^\circ \end{array} \right\} \text{ то } z = \frac{s}{30}(h - h_c) \text{ или } z = \frac{s}{20}(h - h_c)$
	<p>Если</p> $\left. \begin{array}{l} h < 0,5 \text{ м} \\ \eta_0 \leq 1^\circ \\ \text{и не зависит от } h_c \text{ и } s \end{array} \right\} \text{ то } z = \frac{4s}{30} h_c - h \text{ или } z = \frac{4s}{20} h_c - h $ <p>Если $h = h_c$, то $z = 0$.</p> <p>Для необрессоренных частей $z = 0$.</p>
s	<p>Коэффициент наклона подвижного состава: если подвижной состав стоит на пути с возвышением одного рельса и плоскость касательная к головке рельсов образует с горизонталью угол δ, то кузов наклоняется на рессорах и образует относительно перпендикуляра к плоскости катания угол η.</p> <p>Соотношение $s = \frac{\eta}{\delta}$ называется коэффициентом наклона.</p>
s ₁ , s ₂	Коэффициент наклона соответственно обрессоренных рамы тележки и кузова.
h	Высота данной точки габарита от уровня верха головок рельсов.
h _c	Высота центра поворота кузова вагона относительно уровня верха головок рельсов (для колеи 1435 мм – h _c = 0,5 м; для колеи 1520 мм – h _c = 0,7 м)
h ₁	Расстояние по вертикали от оси колесной пары до центра тяжести обрессоренных частей тележки, м.
h ₂	Расстояние по вертикали от оси колесной пары до центра тяжести кузова, м.
h ₃	Расстояние по вертикали от оси колесной пары до верхней опорной поверхности рессор центрального подвешивания подвижного состава, м.

1	2
η_0	Асимметрия подвижного состава в градусах вследствие строительных и регулировочных допусков и возможности неравномерного распределения нагрузки (в градусах).
G_1	Масса обрессоренных частей тележки, кН.
G_2	Масса загруженного обрессоренного кузова подвижного состава, кН.
C_1, C_2	Вертикальная жесткость рессор соответственно буксового и центрального подвешивания с одной стороны подвижного состава, кН/м.
C_3	Поперечная жесткость упругого подвешивания кузова подвижного состава, кН/м.
b_1, b_2	Половина расстояния между серединами комплектов рессор в поперечном направлении соответственно буксового и центрального подвешивания, м.
α, β	Дополнительные ограничения полуширины подвижного состава с базой и длиной более, соответственно, 17 и 24 м, получаемые из условия вписывания в кривую радиуса 150 м, мм.
x_i	Дополнительное ограничение внутренних сечений вагонов, имеющих большую базу, с учетом кривых радиуса между 250 м и 150 м. Этот член проявляется, если $\frac{a^2 + p^2}{4} > 100$, то есть при величине базы a , близкой к 20 м.
x_a	Дополнительное ограничение для внешних сечений подвижного состава с большой базой x_a проявляется, если $an_a + n_a^2 - \frac{p^2}{4} > 120$. Этот член ограничивает предоставляемое подвижному составу пространство в кривых радиуса между 250 м и 150 м.
l	Ширина колеи с учетом эксплуатационных отклонений. Принимается для верхнего очертания габарита 1-ВМ равной 1,546 м для колеи 1520 мм, 1,465 м для колеи 1435 мм

2.2 Расчетные формулы для определения ограничений кузова

2.2.1. Расчет ограничений для поперечных сечений по шкворням тележек – направляющие сечения ($n=0$) производят по формуле:

$$E_0 = \frac{1,465-d}{2} + q + w_{\infty} + z \quad (1)$$

2.2.2. Для внутренних сечений, расположенных между шкворнями тележек ($n=n_i$), расчет ограничений производят по формуле:

$$E_i = \frac{1,465-d}{2} + q + w_i + z + \left[0,0025 \left(an - n^2 + \frac{p^2}{4} \right) - 0,180 \right]_{>0} + [\alpha]_{>0} \quad (2)$$

0,180 м - геометрический вынос расчетного вагона в расчетной кривой ($R=200$ м)

2.2.3. Для наружных сечений, расположенных снаружи шкворней тележек ($n = n_a$), расчет ограничений производят по формуле:

$$E_a = \left[\frac{1,465-d}{2} \right] \frac{n+a}{a} + (q+w) \frac{2n+a}{a} + z + \left[0,0025 \left(an + n^2 - \frac{p^2}{4} \right) - 0,180 \right]_{>0} + [\beta]_{>0} \quad (3)$$

$$z = \left[\frac{s}{30} + tg(\eta_0 - 1^\circ) \right]_{>0} * |h - h_c| + \left[\frac{s}{10} |h - h_c| - 0,04 |h - 0,05| \right]_{>0} \quad (4)$$

В случае, если:

$$- s \leq 0,4 \text{ и } \eta_0 \leq 1^\circ, \text{ то } z = \frac{s}{30} |h - h_c| \quad (5)$$

$$- h < 0,5 \text{ м и } \eta_0 \leq 1^\circ, \text{ то } z = \frac{4s}{30 |h - h_c|} \quad (6)$$

$$- \alpha = 0, \text{ если } 0,000833(an - n^2 + 0,25p^2) \leq 0,072 \quad (7)$$

$$- \alpha = 0,000833(an - n^2 + 0,25p^2) - 0,072, \text{ если } 0,000833(an - n^2 + 0,25p^2) > 0,072 \quad (8)$$

$$- \beta=0, \text{ если } 0,000833(an+n^2-0,25p^2)\leq 0,072, \quad (9)$$

$$- \beta=0,000833(an+n^2-0,25p^2)-0,072, \text{ если } 0,000833(an+n^2-0,25p^2)\geq 0,072 \quad (10)$$

$$s_2 = \frac{\left(1 - \frac{h_3}{h_2}\right)\left(1 - \frac{G_1 h_1 + G_2 h_2}{2C_1 b_1^2}\right) + \frac{C_2}{C_1} \left(\frac{b_2}{b_1}\right)^2 \left(1 + \frac{G_1 h_1}{G_2 h_2} + \frac{G_2}{h_2 C_3}\right)}{\frac{2C_2 b_2^2}{G h_2} - \left[\frac{C_2}{C_1} \left(\frac{b_2}{b_1}\right)^2 \left(1 + \frac{G_1 h_1}{G_2 h_2}\right)\right] - \left[\left(1 - \frac{h_3}{h_2}\right)\left(1 - \frac{G_1 h_1 + G_2 h_3}{2C_1 b_1^2}\right)\right]} \quad (11)$$

2.3. Расчет ограничений для обрессоренной рамы тележки и укрепленных на ней частей для точки 2 габаритов 1-ВМ_к и 2-ВМ_к и выше расположенных точек производится по формулам:

- для направляющих сечений

$$E_0 = 0,5(l-d) + q + \Delta q + z \quad (12)$$

- для внутренних сечений

$$E_i = 0,5(l-d) + q + \Delta q + [2,5(P - n'_i) - 180]_{>0} + z \quad (13)$$

- для наружных сечений

$$E_a = 0,5(l-d) \frac{n'_a + P}{P} + q \frac{2n'_a + P}{P} + \Delta q + [2,5(P + n'_a)n'_a - 180]_{>0} + z \quad (14)$$

где

$$z = \left[\frac{s_1}{20} + tg(\eta_0 - 0,6^\circ) \right]_{>0} (h^w - h_0)_{>0} + \left[\frac{s}{10} (h^w - h_0)_{>0} - 0,04(h^w - 500) \right]_{>0} \quad (15)$$

$$s_1 = \left[1 - \frac{G_2 h_2}{2C_2 b_2^2} \left(1 - \frac{h_3}{h_2}\right) \right] s_2 - \frac{G_2 h_2}{2C_2 b_2^2} \left(1 - \frac{h_3}{h_2}\right) \quad (16)$$

Примечание: в приведенных формулах расчета ограничений знак «>0» означает, что выражение, стоящее перед знаком, учитывается только при его положительных значениях; при отрицательных значениях выражение принимается равным 0.

ЧАСТЬ 2. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ГАБАРИТА ПРИБЛИЖЕНИЯ СТРОЕНИЙ И РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ОСЯМИ ПУТЕЙ

1. Определение межгабаритного пространства и компонентов перемещений

Пространство между габаритом приближения строений и габаритом железнодорожного подвижного состава (а для двухпутных линий также между габаритами смежных железнодорожных подвижных составов) установлено для перемещений железнодорожного подвижного состава и погруженных на нем грузов, которые вызваны возможными отклонениями в состоянии отдельных элементов железнодорожного пути, допускаемыми нормами их содержания, а также вертикальными колебаниями и боковыми наклонами железнодорожного подвижного состава на рессорах. Это пространство, в необходимых случаях, устанавливается с учетом обеспечения безопасности нахождения в нем обслуживающего персонала.

Учет отдельных компонентов перемещений в указанном пространстве выполняется в соответствии с Памяткой МСЖД 505-IV.

1.1. Для определения кинематического габарита приближения строений необходимо увеличить габарит 1-ВМ_к на следующие перемещения подвижного состава:

1.1.1. Зависящие от состояния пути и скорости движения:

- вследствие бокового сдвига пути из проектного положения в межремонтный период равно $b_1 = 25$ мм;
- из-за отклонений пути по уровню в пределах:

на участках со скоростью более 80 км/ч:

- 15 мм – в прямых и с наружной стороны кривых;
- 15 мм – с внутренней стороны кривых;

на участках со скоростью до 80 км/ч:

- 20 мм – в прямых и с наружной стороны кривых,
- 20 мм – с внутренней стороны кривых.

Под влиянием указанных неровностей подлежат учету боковые перемещения подвижного состава b_2 .

1.1.2. Вследствие геометрического наклона – b_2 и вследствие динамического наклона подвижного состава – b_3 .

Эти перемещения равны:

$$b_{2r} = \frac{15(20)}{1500} h^w = 0,01 (0,0133) h^w \quad (17)$$

$$b_{2\partial} = \frac{15(20)0,4}{1500} (h^w - 500) \quad (18)$$

В приведенных формулах:

h^w – высота рассматриваемой точки габарита 1-ВМ_к, считая от уровня головок рельсов;

500 – высота центра бокового поворота кузова расчетного вагона на рессорах, считая от уровня головок рельсов;

0,4 – коэффициент наклона кузова расчетного вагона на рессорах.

1.1.3. Боковая качка обрессоренных масс кузова b_3 под влиянием односторонних просадок пути.

Таблица 2.1

Скорость движения, км/ч	Состояние пути	Угол боковой качки φ , град			Эквивалентное возвышение, D, мм		
		Внутренняя сторона	Наружная сторона	Прямая	Внутренняя сторона	Наружная сторона	Прямая
1	2	3	4	5	6	7	8
Более 80	хорошее	0,1	0,6	0,6	7	39	39
	второстепенные участки	0,2	1	1	13	65	65
Менее 80	-	0,2	1,0	1	13	65	65

При указанных в графах 6-8 таблицы 2.1 эквивалентных возвышениях или односторонних просадках пути кузов расчетного вагона будет иметь на рессорах те углы наклона, которые приведены в графах 3-5 этой же таблицы.

Числовые значения эквивалентных возвышений для расчетного вагона, имеющего угол наклона $S=0,4$, определяются следующим образом (например, для $\varphi=0,6^\circ$):

$$D = \frac{1500 \varphi}{S} = \frac{1500 \cdot 0,6^\circ}{0,4 \cdot 57,296^\circ / \text{рад}} = 39 \text{ мм} \quad (19)$$

$$b_3 = 0,4 \frac{39}{1500} (h^w - 500) \quad (19^*)$$

1.1.4. Боковое перемещение b_4 при наклоне подвижного состава на рессорах на угол φ_A вследствие асимметрии нагрузки, конструктивных и установочных допусков

При расчете габарита приближения строений принимается величина $\varphi_A=0,6^\circ$ (или $D=39$ мм). Если какой-либо вагон габарита 1-ВМ_к будет иметь большую асимметрию, то разность $(\varphi_A-0,6^\circ)$ должна быть учтена при вписывании вагона в габарит 1-ВМ_к (поперечное смещение подвижного состава вследствие асимметрии, превышающей $0,6^\circ$).

$$b_4 = 0,4 \frac{39}{1500} (h^w - 500) \quad (20)$$

1.1.5. Геометрические выносы в кривых b_{Ra} ; b_{Ri} расчетного вагона, имеющего длину 24 м и базу 17 м.

Для указанного вагона геометрические выносы наружу и внутрь кривой b_{Ra} ; b_{Ri} одинаковы и равны:

$$b_{Ra} = b_{Ri} = \frac{36000}{R}, \text{ мм}, \quad (21)$$

где R – радиус кривой, м.

1.1.6. Квазистатическое боковое перемещение b_5 подвижного состава при его наклоне на рессорах под воздействием непогашенного ускорения – в наружную сторону и силы тяжести – во внутреннюю сторону кривой, имеющей возвышение наружного рельса в части, не учтенной при расчетах строительных очертаний подвижного состава, т.е. определяемое частью недостаточного возвышения, равного $(I - 75)$ мм или возвышения, равного $(D - 75)$ мм,

где I – недостаток возвышения, мм;

D – возвышение наружного рельса кривой, мм.

Указанное боковое перемещение b_5 определяется для расчетного вагона с коэффициентом наклона $S=0,4$ и равно:

$$b_5 = 0,4 \frac{I \text{ или } D}{1500} (h^w - 500), \text{ мм.} \quad (22)$$

$$b_5 = 0,4 \frac{(I \text{ или } D) - 75}{1500} (h^w - 500), \text{ мм.} \quad (22^*)$$

1.1.7. При учете всех перечисленных перемещений подвижного состава полуширина B_k^s кинематического габарита приближения строений в системе наклонных координатных осей (ось ординат – перпендикулярна к этой касательной и проходит через середину пути) будет равна:

$$B_k^s = B_k^w + \delta_x + \frac{36000}{R}, \quad (23)$$

где B_k^w - полуширина исходного очертания кинематического габарита подвижного состава на рассматриваемой высоте h_k^w ;

δ_x - суммарное боковое перемещение подвижного состава, определяемое для номинального и предельного состояния пути (для предельного положения величина δ_x принимается равной 0,6 от δ_x для номинального состояния)

$$\delta_x = \sum b_i = b_1 + b_{2z} + b_{2\theta} + b_3 + b_4 + b_5. \quad (24)$$

Номинальное положение пути:

прямые участки пути

$$V > 80 \text{ км/ч } \delta_x = 25 + 0,01 h^w + \frac{0,4}{1500} [15 + 39^x(65^{xx}) + 39] (h^w - 500)_{>0} \quad (25)$$

$$V < 80 \text{ км/ч } \delta_x = 25 + 0,0133 h^w + \frac{0,4}{1500} [20 + 65 + 39] (h^w - 500)_{>0} \quad (26)$$

внутренняя сторона кривой

$$V > 80 \text{ км/ч } \delta_{xi} = 25 + 0,01 h^w + \frac{0,4}{1500} [D - 75 + 15 + 7^x(13^{xx}) + 39]_{>0} (h^w - 500) \quad (27)$$

$$V < 80 \text{ км/ч } \delta_{xi} = 25 + 0,0133 h^w + \frac{0,4}{1500} [D - 75 + 25 + 13 + 39]_{>0} (h^w - 500) \quad (28)$$

$$\delta_{xi} = 25 + 0,0133 h^w + \frac{0,4}{1500} [D - 75 + 20 + 13 + 39]_{>0} (h^w - 500) \quad (29)$$

наружная сторона кривой

$$V > 80 \text{ км/ч} \quad \delta_{x_a} = 25 + 0,01 h^w + \frac{0,4}{1500} \left[1 - 75 + 15 + 39^x + 39 + 65^{xx} \right]_{>0} (h^w - 500)_{>0} \quad (30)$$

^x – путь в хорошем состоянии;

^{xx} – предельное состояние пути

$$V < 80 \text{ км/ч} \quad \delta_{x_a} = 25 + 0,0133 h^w + \frac{0,4}{1500} \left[1 - 75 + 20 + 65 + 39 \right]_{>0} (h^w - 500)_{>0} \quad (31)$$

Приведенные выше перемещения подвижного состава, как уже отмечалось, приняты в соответствии с Памяткой МСЖД 505-4 с незначительными лишь изменениями, указанными в «Основных положениях кинематических габаритов ОСЖД», приведенных в Приложении 16.2 Протокола совещания VI Комиссии в Варшаве 17-21 апреля 1989 г.

Для построения кинематического габарита приближения строений высота точек его верхнего очертания h_k^s определяется по высоте h_k^w точек исходного очертания кинематического габарита подвижного состава:

$$h_k^s = h_k^w - h_\varphi, \quad (32)$$

где h_φ – понижение точки подвижного состава при его наклоне на рессорах из-за суммарного эквивалентного возвышения $\sum D$, указанного в квадратных скобках формул (23) – (28).

$$h_\varphi = B_k^w \operatorname{tg} \varphi \quad (33)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,4 \frac{\sum D}{1500} = 0,0002667 \sum D \quad (34)$$

Значения $\operatorname{tg} \varphi$ приведены в таблице 2.2

Таблица 2.2

	Внутренняя сторона кривой			Наружная сторона кривой и прямые		
	V>80 км/ч		V<80 км/ч	V>80 км/ч		V<80 км/ч
	Участки с хорошим состоянием пути	Второстепенные участки		Участки с хорошим состоянием пути	Второстепенные участки	
ΣD	136	142	147	118	144	149
tgφ	0,0363	0,0379	0,0392	0,0315	0,0384	0,0398

Числовые значения h_ϕ , найденные по формуле (33), при ΣD , указанных в таблице 2.2, приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Понижение точек подвижного состава габарита 1-ВМ_к при его наклонах на рессорах на угол φ

h^w , мм	B^w , мм	h_ϕ , мм, при скорости V, км/ч					
		Внутренняя сторона кривой			Наружная сторона кривой		
		> 80 ^x	> 80 ^{xx}	< 80	> 80 ^x	> 80 ^{xx}	< 80
3850	1700	62	65	67	54	65	68
4250	1600	58	61	63	50	60	64
4500	1400	51	53	55	44	54	56
4700	1160	42	44	45	37	44	46

2. Расчет габарита приближения строений 1-СМ_к

По формулам (25) – (30) были рассчитаны и приведены в таблице 2.4 зазоры δ_x для точек габарита 1-ВМ_к на высотах h_k^w от 1160 до 4700 мм.

Таблица 2.4

h_k^w , мм	Компоненты перемещений					δ_x , мм, при V км/ч			Высота $h_k^w - h_\varphi$, мм, при V 80 ^{xx} , км/ч	Полуширина кинематического габарита приближения строений B_k^w , мм
	b_1 , мм	b_2 (b_2'), мм	$\frac{0,4}{1500} \sum D(h_k^w - 500)$ при V км/ч			$> 80^x$	$> 80^{xx}$	< 80		
			$> 80^x$	$> 80^{xx}$	< 80					
Прямая, наружная сторона кривой										
1160	25	12 (15)	21	25	26	58	62	66	1160	1762 (1687)
3050	25	31 (40)	80	98	101	136	154	166	3050	1853
3850	25	39 (51)	105	129	133	169	193	209	3785	1891
4250	25	43 (55)	118	144	149	186	212	229	4195	1810
4500	25	45 (58)	126	154	159	196	224	242	4446	1622
4700	25	47 (61)	132	161	169	204	233	255	4656	1391
Внутренняя сторона кривой										
1160	25	12 (15)	24	25	26	61	62	66	1160	1762 (1687)
3050	25	31 (40)	93	97	100	149	153	165	3050	1853
3850	25	39 (51)	121	127	131	185	191	207	3785	1891
4250	25	43 (55)	136	142	147	204	210	227	4194	1810
4500	25	45 (59)	145	152	157	215	222	241	4447	1622
4700	25	47 (61)	153	159	165	225	231	251	4656	1391

(1687) – при учете ограничения на полуширину вагона 1625 мм

Согласно таблице 2.4 кинематический габарит приближения строений 1-СМ_к, рассчитанный с учетом подвижного состава габарита 1-ВМ_к и его перемещений, имеет координаты угловых точек, приведенные в таблице 2.5, для прямых второстепенных участков и скорости движения более 80 км/ч.

Таблица 2.5

№№ точек	Высота кинематического габарита от уровня головок рельсов, мм	Полуширина кинематического габарита приближения строений, мм
1	1160	1687
2	3050	1853
3	3785	1891
4	4195	1810
5	4446	1622
9	4656	1391

В кривых участках размеры, приведенные в таблице 2.5, должны быть увеличены на геометрические выносы расчетного вагона в зависимости от радиуса кривой. Высота точек габарита принята с учетом данных таблицы 2.3.

Из сравнения габарита 1-СМ_к и 1-СМ видно, что габарит 1-СМ_к не выходит за 1-СМ. Однако, если учесть данные для второстепенных участков, то при скорости менее 80 км/ч точка 4 габарита 1-СМ_к засекает 1-СМ и для устранения этого необходимо выполнить расчет с учетом предельного положения пути с применением коэффициента 0,6.

3. Кинематический расчет минимально необходимого расстояния между осями путей

Для прямых участков пути

$V > 80$ км/ч

$$S_p = 2 \cdot 1700 + 2(25 + 0,01 \cdot 3850 + \frac{0,4}{1500}(15 + 39^x + 39)(3850 - 500)) = \\ = 3400 + 2/25 + 38,5 + 83^x = 3693^x$$

$$S_p = 2 \cdot 1700 + 2(25 + 0,01 \cdot 3850 + \frac{0,4}{1500}(15 + 65^x + 39)(3850 - 500)) = \\ = 3400 + 2/25 + 38,5 + 106^{xx} = 3739^{xx}$$

$V < 80$ км/ч

$$S_p = 2 \cdot 1700 + 2(25 + 0,0133 \cdot 3850 + \frac{0,4}{1500}(20 + 65 + 39)(3850 - 500)) = \\ = 3400 + 2/25 + 51 + 111 = 3774 \text{ мм}$$

Для кривых участков пути (значения δ_x из таблицы 2.4)

$V > 80$ км/ч

$$S_p = 2 \cdot 1700 + 185^x + 169^x + b_R = 3754^x + b_R$$

$$S_p = 2 \cdot 1700 + 191^{xx} + 193^{xx} + b_R = 3784^{xx} + b_R$$

$V < 80$ км/ч

$$S_p = 2 \cdot 1700 + 207 + 209 + b_R = 3816 + b_R$$

Из полученных данных следует, что междупутье 3750 мм при кинематическом методе соблюдается при номинальном положении пути на участках с хорошим состоянием пути и скоростью движения более 80 км/ч. Для остальных случаев необходимо вести расчет с учетом предельного положения пути.

Кинематический расчет расстояний от оси пути до пассажирских платформ высотой 300 и 550 мм:

Полуширина габарита 1-ВМ_к и 2-ВМ_к на высоте 300 мм равна

$$1220 (1240) + \frac{(300 - 115)(1520 - 1220 (1240))}{430 - 115} = 1220 + 198 = 1418 (1425) \text{ мм}$$

Расстояние до платформы согласно формуле (22) и формуле (24) – для прямых при скорости менее 80 км/ч:

$$B = 1396 + 25 + 0,0133 \cdot 300 = 1425 \text{ мм}$$

$$B = 1418 (1425) + 25 + 0,0133 \cdot 300 = 1448 (1455) \text{ мм}$$

В кривой радиуса 300 м

$$B_{R=300} = 1425 + \frac{36000}{300} = 1545 \text{ мм.}$$

$$B_{R=300} = 1448 + \frac{36000}{300} = 1568 ; B_{R=300} = 1455 + \frac{36000}{300} = 1575$$

На высоте 550 мм посадочные платформы должны находиться по нормам МСЖД на расстоянии:

- в прямых - 1650 мм

$$\text{- в кривых - } 1650 + \frac{3750}{R} + \frac{1465 - 1435}{2}$$

при R=300 м: 1650+28=1678 мм

Полуширина вагона габарита 1-ВМ на высоте 550 мм ограничено до 1525 мм, что соответствует фактической ширине пассажирского вагона РЖД габарита 1-ВМ.

С учетом формулы (28) для наиболее неблагоприятного случая (скорость менее 80 км/ч) расстояние до платформы в кривой радиусом 300 м будет равно:

$$1525 + 25 + 0,0133 \cdot 550 + \frac{36000}{300} = 1525 + 25 + 7 + 120 = 1677 \text{ мм} \leq 1678 \text{ мм}$$

$$1625 + 25 + 0,0133 \cdot 550 + \frac{36000}{300} = 1625 + 25 + 7 + 120 = 1777 \text{ мм}$$

Расстояния 1678 мм (МСЖД) и 1677 мм (ОСЖД) в принципе совпадают. Вместе с тем, по габариту 1-СМ в нижней части допускается наименьший размер 1700 мм. Этот размер и принимается для платформ в кривой радиусом 300 м.

Таким образом, с учетом полуширины вагона габарита 1-ВМ 1525 мм, кинематического метода расчета расстояния до сооружений данной Памятки и размеров габарита приближения строений 1-СМ по правилам ОСЖД и по расчету МСЖД для посадочных платформ высотой 550 мм, устанавливаются следующие расстояния от оси пути:

в прямой – 1650 м;

в кривых радиусом 300 м – 1700 мм;

в кривых радиусом более 300 м – $B = 1700 - \left[120 - \frac{36000}{300} \right]$.

С учетом этого к размеру габарита 1-СМ 1725 мм устанавливается следующее примечание:

«Платформы высотой 550 мм допускается устанавливать в прямых на расстоянии 1650 мм».

4. Расчет размеров кинематического габарита приближения строений 2-СМ_к

Исходным габаритом подвижного состава для расчета кинематического габарита приближения строений 2-СМ_к является габарит 2-ВМ_к (2-ВМ). Для определения кинематического габарита приближения строений необходимо увеличить габарит 2-ВМ_к на величины $(\delta_x + \delta_R)^*$

При номинальном положении пути:

* Здесь и далее приняты те же обозначения, что и при расчете габарита 1-СМ_к

Прямые участки

$$V > 80^x \text{ км/ч} \quad \delta_x = 25 + 0,01 h^w + \frac{0,4}{1500} 93^x (h^w - 500);$$

$$V > 80^{xx} \text{ км/ч} \quad \delta_x = 25 + 0,01 h^w + \frac{0,4}{1500} 119^{xx} (h^w - 500);$$

$$V < 80 \text{ км/ч} \quad \delta_x = 25 + 0,0133 h^w + \frac{0,4}{1500} 124 (h^w - 500).$$

Внутренняя сторона кривой

$$V > 80^x \text{ км/ч} \quad \delta_x = 25 + 0,01 h^w + \frac{0,4}{1500} 136^x (h^w - 500);$$

$$V > 80^{xx} \text{ км/ч} \quad \delta_x = 25 + 0,01 h^w + \frac{0,4}{1500} 142^{xx} (h^w - 500);$$

$$V < 80 \text{ км/ч} \quad \delta_x = 25 + 0,0133 h^w + \frac{0,4}{1500} 147 (h^w - 500).$$

Наружная сторона кривой

$$V > 80^x \text{ км/ч} \quad \delta_x = 25 + 0,01 h^w + \frac{0,4}{1500} 118^x (h^w - 500);$$

$$V > 80^{xx} \text{ км/ч} \quad \delta_x = 25 + 0,01 h^w + \frac{0,4}{1500} 144^{xx} (h^w - 500);$$

$$V < 80 \text{ км/ч} \quad \delta_x = 25 + 0,0133 h^w + \frac{0,4}{1500} 149 (h^w - 500).$$

Вертикальные размеры h_k^s кинематического габарита приближения строений 2-СМ_к определяются по высоте h_k^w точек исходного очертания габарита 2-ВМ_к:

$$h_k^s = h_k^w - h_{\varphi}^{**}, \quad \text{где} \quad h_{\varphi} = B_k^w \operatorname{tg} \varphi.$$

Значение $\operatorname{tg} \varphi$ принимаются:

для прямых и наружной стороны кривых

$$V > 80^x \text{ км/ч} \quad \operatorname{tg} \varphi = 0,0315$$

$$V > 80^{xx} \text{ км/ч} \quad \operatorname{tg} \varphi = 0,0384$$

$$V < 80 \text{ км/ч} \quad \operatorname{tg} \varphi = 0,0398$$

Для внутренней стороны кривых

$$V > 80^x \text{ км/ч } \operatorname{tg} \varphi = 0,0363$$

$$V > 80^{xx} \text{ км/ч } \operatorname{tg} \varphi = 0,0379$$

$$V < 80 \text{ км/ч } \operatorname{tg} \varphi = 0,0392$$

В соответствии с изложенным рассчитаны и приводятся в таблицах 2.5 – 2.7 размеры очертаний кинематического габарита приближения строений 2-СМ_к для прямых и кривых участков пути (в кривых – без учета геометрических выносов b_R).

Сравнение размеров габаритов 2-СМ_к и 2-СМ показывает, что габарит 2-СМ_к не выходит за пределы габарита 2-СМ для любых участков пути как в прямых, так и в кривых. Исключение составляет вариант, учитывающий предельное состояние пути для второстепенных участков. В этом случае точка 3 габарита 2-СМ_к при скорости менее 80 км/ч в кривых участках пути нарушает габарит 2-СМ на 9 мм – во внутреннюю и на 12 мм – в наружную сторону. Однако, при расчете габарита приближения строений с учетом предельного положения пути указанные засекания устраняются.

В соответствии с изложенным в качестве проекта кинематического габарита 2-СМ_к принимается очертание приближения строений (таблица 2.4), не выходящее за пределы статического габарита 2-СМ, имеющее максимальные поперечные размеры по данным таблиц 2.1 и 2.3.

Что касается кинематического расчета необходимых расстояний между осями путей, то следует отметить, что точка с координатами $h_k = 3850 \text{ мм}$ $B_k = 1700 \text{ мм}$ является в рассматриваемом случае «критической», как и в случае расчета междупутий для габаритов 1-ВМ_к (1-СМ_к). Поэтому расчет величин междупутий для габаритов 2-ВМ_к (2-СМ_к) принимается такой же, как и для габарита 1-ВМ_к (1-СМ_к).

** При определении наибольшей высоты габарита 2-СМ_к в этой формуле следует применять знак «+»

Таблица 2.5 – Внутренняя сторона кривых

№№ точек	Высота точек габарита 2-ВМ, мм	Полуширина габарита 2-ВМ, мм	δ_x , мм, при V, км/ч			Высота $h_k^w - h_\varphi$, мм, при V>80 ^{xx} км/ч	Полуширина кинематического габарита 2-СМ _к , мм, при V>80 ^{xx} км/ч	Полуширина кинематического габарита 2-СМ _к , мм, при V<80 км/ч	Полуширина статического габарита 2-СМ, мм
			> 80 ^x	> 80 ^{xx}	< 80				
1	4700	1160	225	231	251	4656	1391	1411	1700
2	4650	1455	222	229	249	4595	1684	1704	1725
-	4500	1509	215	222	241	4443	1731	1750	1759
3	4250	1600	203	210	228	4195	1810	1828	1819
4	3850	1700	184	191	207	3785	1891	1907	1909
5	3100	1700	150	155	168	3035	1855	1868	2000
6	3100	1750	150	155	168	3035	1905	1918	2000
7	2600	1700	127	131	142	2535	1831	1842	2000
8	2600	1750	127	131	142	2535	1881	1892	2000
9	1160	1700	61	62	67	1095	(1687)	(1692)	2000
10	1160	1675	61	62	67	1095	1687	1692	(1700)
-	700	1675	39	40	42	636	1665	1667	(1700)

Таблица 2.6 – Наружная сторона кривых

№№ точек	Высота точек габарита 2-ВМ, мм	Полуширина габарита 2-ВМ, мм	δ_x , мм, при V, км/ч			Высота $H_k^w - h_\varphi$, мм, при V>80 ^{xx} км/ч	Полуширина кинематического габарита 2-СМ _к , мм, при V>80 ^{xx} км/ч	Полуширина кинематического габарита 2-СМ _к , мм, при V<80 км/ч	Полуширина статического габарита 2-СМ, мм	Полуширина габарита УИС, мм
			> 80 ^x	> 80 ^{xx}	< 80					
1	4700	1160	204	233	255	4656	1393	1415	1700	1770
2	4650	1455	202	231	252	4595	1686	1707	1725	1772
-	4500	1509	196	224	244	4443	1733	1753	1759	1778
3	4250	1600	184	212	231	4195	1812	1831	1819	1788
4	3850	1700	168	193	209	3785	1893	1909	1909	1804
5	3100	1700	138	156	169	3035	1856	1869	2000	1785
6	3100	1750	138	156	169	3035	1906	1919	2000	1795
7	2600	1700	116	132	143	2535	1832	1843	2000	1773
8	2600	1750	116	132	143	2535	1882	1893	2000	1773
9	1160	1700	57	62	66	1095	(1687)	(1691)	2000	1683
10	1160	1675	57	62	66	1095	1687	1691	1725 (1700)	1683
-	700	1675	39	40	42	636	1665	1667	1725 (1700)	1668

Таблица 2.7

Высота точек (h_k^s) кинематического габарита 2-СМ _к от УГР, мм	Полуширина (\hat{A}_k^s) кинематического габарита приближения строений 2-СМ _к , мм
4656	1415
4595	1707
4443	1753
4195	1819
3785	1909
1160	1767 (1692)
В кривых участках пути поперечные размеры габарита 2-СМ _к должны быть увеличены на величину $b_R = \frac{36000}{R}$	