

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
(СамГУПС)**

Кафедра «Путь и путевое хозяйство»

**ОЦЕНКА КОМФОРТАБЕЛЬНОСТИ ДВИЖЕНИЯ
ПОЕЗДОВ В КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ
НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ**

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине
**«Управление техническим обслуживанием железнодорожного пути
скоростных и особо грузонапряженных линий»** курса «Управление
техническим состоянием железнодорожного пути» для обучающихся в
центре дополнительного профессионального образования

Составитель: к.т.н., доцент Атапин В.В.

Самара

2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОЦЕНКА КОМФОРТАБЕЛЬНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ.....	4
1.1. Определение расчетного возвышения наружной рельсовой нити и непогашенного ускорения в кривых участках пути.....	4
1.2. Определение расчетных длин переходных кривых по допускаемому уклону отвода возвышения.....	7
1.3 Определение норм устройства кривых по критериям $a_{нп}$ и ψ	9
1.4 Определение допускаемых скоростей движения поездов в кривых участках пути.....	11
1.5 Анализ норм устройства кривых участков пути.....	12
2. ПРИМЕР ОЦЕНКИ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В ЗАДАННЫХ КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ.....	14
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	24

ВВЕДЕНИЕ

При движении экипажа в кривом участке пути помимо его веса, на него действует так называемая центробежная сила. Эта сила прижимает экипаж к наружной рельсовой нити, перегружая ее, и увеличивая сопротивление движению экипажа, что ускоряет износ наружного рельса. Кроме того, вызывает крен кузова на рессорах, вследствие чего смещается центр тяжести подрессорного и надрессорного строений. Поэтому может возникать перегрузка наружной рельсовой нити как от непосредственного действия центробежной силы, создающей опрокидывающий момент, так и за счет веса экипажа, линия действия которого отклоняется от оси колеи, что приводит к нарушению комфортабельности движения поездов [1, 2].

На отечественных железных дорогах по условиям обеспечения безопасности движения поездов номинальное значение максимального поперечного непогашенного ускорения, направленного наружу кривой ($a_{нп}$), не должно превышать $0,7 \text{ м/с}^2$ на уровне буксы подвижного состава [3].

Для уменьшения неблагоприятных последствий центробежной силы в кривых участках пути устраивают возвышение наружного рельса над внутренним по нормам, указанным в ЦПТ-44/17, а также ЦП-774 [3].

1. ОЦЕНКА КОМФОРТАБЕЛЬНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ

1.1. Определение расчетного возвышения наружной рельсовой нити и непогашенного ускорения в кривых участках пути

Величина возвышения наружного рельса, обеспечивающая соблюдение вышеуказанного условия для пассажирского поезда, определяется по формуле:

$$h_{v \max \text{ пас}} = 12,5 \cdot \frac{V_{\max \text{ пас}}^2}{R} - 115, \quad (1.1)$$

где $V_{\max \text{ пас}}$ – максимальная скорость движения пассажирского поезда, км/ч;

R – радиус круговой кривой, м.

115 – величина недостатка возвышения, рассчитанная из условия неперевышения установленной нормы непогашенного ускорения ($0,7 \text{ м/с}^2$).

По технико-экономическим показателям для сохранения приемлемого уровня расстройств и износов верхнего строения пути грузовые поезда должны следовать по кривым со скоростями, соответствующими диапазону непогашенных ускорений $\pm 0,3 \text{ м/с}^2$, а оптимальным является диапазон $+0,05-0,1 \text{ м/с}^2$ [2, 3].

Величина возвышения, соответствующая непогашенному ускорению $+0,3 \text{ м/с}^2$ для грузового поезда определяется по формуле:

$$h_{v \max \text{ гр}} = 12,5 \cdot \frac{V_{\max \text{ гр}}^2}{R} - 50, \quad (1.2)$$

где $V_{\max \text{ гр}}$ – максимальная скорость движения грузового поезда, км/ч.

50 – величина недостатка возвышения, рассчитанная из условия неперевышения установленной нормы непогашенного ускорения (0,7 м/с²).

Величина возвышения, соответствующая непогашенному ускорению –0,3м/с² при минимальной скорости движения грузового поезда определяется по формуле:

$$h_{v \min \text{ гр}} = 12,5 \cdot \frac{V_{\min \text{ гр}}^2}{R} + 50, \quad (1.3)$$

где $V_{\min \text{ гр}}$ – минимальная скорость движения грузового поезда, км/ч.

Полученные в результате расчета возвышения округляются до величин, кратных 5 мм в большую сторону [1, 2]. При производстве работ по устройству возвышения рекомендуется полученную расчетом величину увеличить на 5 мм с учетом последующих осадок пути, если наружная нить является полевой.

Минимальная величина возвышения в кривых (кроме закрестовинных и на стрелочных переводах) должна быть **не менее 15 мм**.

Если $0 \leq (h_{v \max \text{ пас}}$ или $h_{v \max \text{ гр}}) \leq 15$ мм, то возвышение принимается равным 15 мм [1, 2].

Установленное возвышение наружного рельса должно быть не менее 30 мм и не более 95 мм. Оно определяется по данным таблицы 1.1.

Таблица 1.1 – Определение установленного возвышения h_y

№ п/п	Вариант	Установленное возвышение	Требования по скоростям
1	2	3	4
1	$h_{v \min \text{ гр}} > h_{v \max \text{ пас}}$ $h_{v \min \text{ гр}} > h_{v \max \text{ гр}}$ $h_{v \max \text{ пас}} > h_{v \max \text{ гр}}$	$h_y = h_{v \max \text{ пас}}$	-
2	$h_{v \min \text{ гр}} > h_{v \max \text{ пас}}$ $h_{v \min \text{ гр}} > h_{v \max \text{ гр}}$ $h_{v \max \text{ гр}} > h_{v \max \text{ пас}}$	$h_y = h_{v \max \text{ гр}}$	-

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4
3	$h_{vmin\text{ гр}} < h_{vmax\text{ пас}}$ $h_{vmin\text{ гр}} > h_{vmax\text{ гр}}$ $h_{vmax\text{ пас}} > h_{vmax\text{ гр}}$	$h_y = h_{vmin\text{ гр}}$	Ограничение $V_{max\text{ пас}}$
4	$h_{vmin\text{ гр}} < h_{vmax\text{ пас}}$ $h_{vmin\text{ гр}} < h_{vmax\text{ гр}}$ $h_{vmax\text{ пас}} > h_{vmax\text{ гр}}$	$h_y = h_{vmin\text{ гр}}$	Ограничение $V_{max\text{ пас}}$ $V_{max\text{ гр}}$
5	$h_{vmin\text{ гр}} < h_{vmax\text{ пас}}$ $h_{vmin\text{ гр}} < h_{vmax\text{ гр}}$ $h_{vmax\text{ пас}} < h_{vmax\text{ гр}}$	$h_y = h_{vmin\text{ гр}}$	Ограничение $V_{max\text{ пас}}$ $V_{max\text{ гр}}$
6	$h_{vmin\text{ гр}} > h_{vmax\text{ пас}}$ $h_{vmin\text{ гр}} < h_{vmax\text{ гр}}$ $h_{vmax\text{ пас}} < h_{vmax\text{ гр}}$	$h_y = h_{vmin\text{ гр}}$	Ограничение $V_{max\text{ гр}}$

Если в соответствии с таблицей 1.1 возникает необходимость ограничения $V_{max\text{ пас}}$ и $V_{max\text{ гр}}$, то они определяются по формулам:

$$V_{max\text{ пас}} = 0,283\sqrt{R \cdot (h_y + 115)}; \quad (1.4)$$

$$V_{max\text{ гр}} = 0,283\sqrt{R \cdot (h_y + 50)}. \quad (1.5)$$

Полученные скорости округляются в меньшую сторону до величины, кратной 5 км/ч.

Полученные в результате расчета возвышения сводятся в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Пример таблицы с результатами расчета величины возвышения наружного рельса в кривых участках пути

№ кривой	Радиус, м	$h_{vmax\text{ пас}}$, мм	$h_{vmax\text{ гр}}$, мм	$h_{vmin\text{ гр}}$, мм	h_y , мм	$h_{ф}$, мм	Ограничение скорости
1	2	3	4	5	6	7	8
10 п	997	15	35	135	35	56	—
11 п	598	95	85	185	95	106	—
...

Помимо определения возвышения во всех случаях проверяется величина непогашенного ускорения для максимальных и минимальных скоростей движения пассажирских и грузовых поездов по следующим формулам:

$$a_{нп \max пас} = \frac{V_{\max пас}^2}{13 \cdot R} - 0,00613 \cdot h_{v \max пас}; \quad (1.6)$$

$$a_{нп \max гр} = \frac{V_{\max гр}^2}{13 \cdot R} - 0,00613 \cdot h_{v \max гр}; \quad (1.7)$$

$$a_{нп \min гр} = \frac{V_{\min гр}^2}{13 \cdot R} - 0,00613 \cdot h_{v \min гр}. \quad (1.8)$$

Полученные в результате расчета величины непогашенных ускорений заносятся в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Пример таблицы с результатами расчета величины непогашенного ускорения в кривых участках пути

№ кривой	Радиус, м	$a_{нп \max пас}, \text{ м/с}^2$	$a_{нп \max гр}, \text{ м/с}^2$	$a_{нп \min гр}, \text{ м/с}^2$	$a_{нп}, \text{ м/с}^2$
10 п	997	0,68	0,28	-0,33	0,70
11 п	598	0,70	0,30	-0,31	0,70
...

1.2. Определение расчетных длин переходных кривых по допускаемому уклону отвода возвышения

В целях недопущения внезапного возникновения дополнительных сил в кривой и более плавного перехода поезда с прямого участка пути в кривой или из кривой одного радиуса в кривую другого радиуса (в составных кривых) устраивают участки переменной крутизны – переходные кривые. На их протяжении осуществляют плавные отводы возвышения наружной

рельсовой нити и уширения колеи. Переходные кривые делаются путем смещения круговой кривой к ее центру.

Длина переходной кривой зависит, прежде всего, от скорости движения поезда, величины отвода возвышения наружного рельса, ограничения скорости подъема колеса по возвышению, ограничения скорости нарастания непогашенного ускорения и от ряда других факторов.

Длина переходной кривой определяется в зависимости от расчетной величины возвышения наружного рельса и от количества главных путей. Длины переходных кривых определяются по следующей формуле [1, 2, 3]:

$$L = h/i, \quad (1.9)$$

где i – допускаемый уклон отвода возвышения наружного рельса, ‰ [3]. Принимается согласно действующей Инструкции по текущему содержанию железнодорожного пути.

Уклон устраивается на всей длине переходной кривой. Допускается до проведения планового ремонта пути сохранение уклонов на отрезках длиной не менее 30 м.

В соответствии с СТН Ц-01-95 на скоростных, особо грузонапряженных и линиях I и II категории при скоростях движения поездов до 200 км/ч длина переходной кривой должна быть не менее [4]:

- 20 м при радиусе кривой 1800 м и более;
- 30 м при радиусе кривой от 1799 до 1000 м;
- 40 м при радиусе кривой от 999 до 700 м;
- 60 м при радиусе кривой от 699 до 600 м;
- 80 м при радиусе кривой менее 600 м.

Во всех случаях между концами переходных кривых должна оставаться круговая кривая длиной не менее 15-20 м [2, 3].

Полученные в результате расчета длины переходных кривых заносятся в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 – Пример таблицы с результатами расчета длин переходных кривых

№ кривой	Радиус, м	Допускаемый уклон возвышения i, ‰	h _y , мм	h _ф , мм	Расчетная длина переходных кривых		Фактическая длина переходных кривых	
					L ₁ , м	L ₂ , м	L ₁ , м	L ₂ , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10 п	997	1,6	35	56	22 (40)	22 (40)	123	116
11 п	598	1,6	95	106	59 (80)	59 (80)	129	117
...

Примечание. В скобках () указаны значения длин переходных кривых, принимаемых по СТН Ц-01-95.

1.3 Определение норм устройства кривых по критериям a_{nn} и ψ

На участках пассажирского, грузового, совмещенного, скоростного и особенно высокоскоростного движения величину $h_y = h_p$, найденную из формул (1.1), (1.2) и (1.3), проверяют на соблюдение нормы непогашенного ускорения по формулам (1.6), (1.7), (1.8).

Если ускорение, подсчитанное по этим формулам, окажется больше установленной нормы, равной 0,7 м/с², то скорость движения по кривой также ограничивается.

Помимо этого еще проверяют скорость изменения непогашенного ускорения на соблюдение нормы, равной $[\psi] = 0,6$ м/с³ по формуле:

1) при совпадении отводов возвышения и кривизны:

$$\psi = \frac{a_{nn} \cdot V}{3,6 \cdot L}; \quad (1.10)$$

2) если такого совпадения нет:

$$\psi = \frac{(a_{nn2} - a_{nn1}) \cdot V}{3,6 \cdot \Delta L}, \quad (1.11)$$

где $a_{нп1}$ и $a_{нп2}$ – величины непогашенного ускорения в смежных точках, соответствующих началу и концу отводов по кривизне и возвышению;

ΔL – расстояние между смежными точками, соответствующие началу и концу отводов по кривизне и возвышению.

Отвод возвышения наружного рельса в кривой устраивается плавно на протяжении всей переходной кривой, а при ее отсутствии – на прямой с уклоном не более 0,001‰ при скорости движения не более 140 км/ч и 0,0067‰ при скорости движения свыше 140 км/ч. А при ее отсутствии – в начале круговой кривой. В конце переходной кривой возвышение наружного рельса должно быть полным.

Если в составной кривой в пределах участков разного радиуса установлено разное возвышение наружного рельса, то отвод возвышения (большого к меньшему) выполняется в пределах сопрягающей переходной кривой, а при ее отсутствии или недостаточной длине – в пределах кривой большего радиуса.

Полученные в результате расчета величины изменения непогашенного ускорения заносятся в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 – Пример таблицы с результатами проверки расчетных параметров кривых по условиям комфортабельности движения

№ кривой	Радиус, м	Установленная скорость движения поездов по приказу, км/ч	$a_{нп}, \text{м/с}^2$	$[a_{нп}], \text{м/с}^2$	$\psi, \text{м/с}^3$	$[\psi], \text{м/с}^3$	Соответствие условиям комфортабельности движения	
							по $a_{нп}, \text{м/с}^2$	по $\psi, \text{м/с}^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10 п	997	100/80/80	0,68	0,7	0,47	0,6	+	+
11 п	598	100/80/80	0,70	0,7	0,24	0,6	+	+
...

Примечание. «+» означает соответствие условиям комфортабельности движения поездов, «-» несоответствие.

На основе полученных результатов делается вывод о соответствии условиям комфортабельности движения и необходимости устранения выявленных нарушений.

1.4 Определение допускаемых скоростей движения поездов в кривых участках пути

На участках бесстыкового пути допускаемые скорости устанавливаются с учетом особенностей его работы, изложенной в [5]. В эксплуатации, согласно, вышеупомянутого документа, принимают наименьшую из полученных скоростей с учетом фактического состояния земляного полотна и верхнего строения пути.

Определение максимальных допускаемых скоростей движения в отдельно лежащих кривых осуществляется по формуле:

$$V_{\max} = 3,6 \cdot \sqrt{R([a_{\text{нп}}] + 6,13h_{\phi})}, \quad (1.12)$$

где h_{ϕ} – существующее возвышение наружного рельса в круговой кривой, м;

$[a_{\text{нп}}]$ – допускаемое значение непогашенного ускорения в кривой, равное $0,7 \text{ м/с}^2$.

Полученные в результате расчета максимальные допустимые скорости движения поездов заносятся в таблицу 1.6.

Таблица 5.6 – Пример таблицы с результатами проверки соответствия скоростей движения в отдельно лежащих кривых участках пути

№ кривой	Радиус, м	Установленная или реализуемая скорость движения поездов по приказу V, км/ч	Максимально допускаемая скорость движения поездов в кривых V_{\max} , км/ч	Соответствие скоростей движения V и V_{\max}
1	2	3	4	
10 п	997	100/80/80	136	+
11 п	598	100/80/80	90	–
...

На основании полученных результатов делается вывод о соответствии скоростей движения.

1.5 Анализ норм устройства кривых участков пути

По результатам проведенных расчетов возвышений и длин переходных кривых составляется итоговая таблица и делается вывод о соответствии и несоответствии расчетных данных и фактических.

Пример итоговой таблицы соответствия расчетных и фактических возвышений и длин переходных кривых приведен в таблице 1.7.

Также важно всегда помнить, что в кривых участках пути наружная рельсовая нить устраивается и содержится выше внутренней [3].

Независимо от радиуса кривой возвышение наружного рельса с учетом допусков не должно превышать 150 мм.

При этом необходимо учитывать, что отводы возвышения наружного рельса кривой и кривизны при переходе от прямых к кривым, и наоборот, устраиваются на протяжении только переходных кривых.

Конец и начало отвода возвышения наружного рельса кривой и кривизны должны совпадать с точками НПК (начало переходной кривой) и КПК (конец переходной кривой).

В стесненных условиях допускается устройство отводов возвышения без переходных кривых: либо на протяжении прямой, либо по 50% – на прямой и кривой (без соблюдения условия совпадения отводов возвышения и кривизны). При этом должны соблюдаться требования не превышения величины непогашенного ускорения $0,7 \text{ м/с}^2$ и скорости его изменения $0,6 \text{ м/с}^3$ [3, 6, 7].

Длина переходной кривой определяется в зависимости от расчетной величины возвышения наружного рельса и от количества смежных главных путей.

Необходимые уширения междупутья на двух- и более путных участках определяются в соответствии с инструкцией по применению габаритов приближения строений. В соответствии с этим определяются длины переходных кривых.

Длина переходной кривой не должна быть меньше 20 м.

Таблица 1.7 – Пример таблицы с результатами проверки соответствия расчетных и фактических возвышений и длин переходных кривых

№ кривой	Радиус, м	Возвышение		Соотв. «+», несоот. «-»	Длина переходной кривой				Соотв. «+», несоот. «-»
		расчетное h _p =h _y , мм	фактическое h _ф , мм		расчетная		фактическая		
					L ₁ , м	L ₂ , м	L ₁ , м	L ₂ , м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10 п	997	35	56	—	40	40	123	116	+
11 п	598	95	106	—	80	80	129	117	+
...

2. ПРИМЕР ОЦЕНКИ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В ЗАДАННЫХ КРИВЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ

Определение расчетного возвышения и непогашенного ускорения наружной рельсовой нити в кривом участке пути

Для оценки комфортабельности движения поездов в кривых участках пути на заданном участке N-ской дистанции пути используем данные ведомости кривых участков пути. Пример ведомости кривых участков пути на заданном участке пути N-ской дистанции пути N-ской дирекции инфраструктуры приведен в Приложении.

Величина возвышения наружного рельса, обеспечивающая условие не превышения непогашенного ускорения $0,7 \text{ м/с}^2$ для пассажирского поезда для кривой №3п N-ской дистанции пути, определяется по формуле (1.1) и равна:

$$h_{v \max \text{ пас}} = 12,5 \cdot \frac{100^2}{597} - 115 = 94,4 \approx 95 \text{ (мм)}.$$

Величина возвышения, соответствующая непогашенному ускорению $+0,3 \text{ м/с}^2$ для грузового поезда для кривой №3п определяется по формуле (1.2) и равна:

$$h_{v \max \text{ гп}} = 12,5 \cdot \frac{80^2}{597} - 50 = 84,0 \approx 85 \text{ (мм)}.$$

Величина возвышения, соответствующая непогашенному ускорению $-0,3 \text{ м/с}^2$ при минимальной скорости движения грузового поезда для кривой №3 п N-ской дистанции пути определяется по формуле (1.3) и равна:

$$h_{v \min \text{ гп}} = 12,5 \cdot \frac{80^2}{597} + 50 = 184,0 \approx 185 \text{ (мм)}.$$

Величины возвышений для остальных кривых рассчитываются аналогично. Максимальные и минимальные скорости движения пассажирских и грузовых поездов, а также другие данные принимаются из ведомости кривых участков пути (см. Приложение). Полученные возвышения сводятся в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты расчета величины возвышения наружного рельса в кривых участках пути

№ кривой	Радиус, м	$h_{v\max \text{ пас,}}$ мм	$h_{v\max \text{ гр,}}$ мм	$h_{v\min \text{ гр,}}$ мм	h_y , мм	h_{ϕ} , мм	Ограничение скорости
1	2	3	4	5	6	7	8
3 п	597	95	85	185	95	94	–
4 л	602	95	85	185	95	78	–
5 п	680	70	70	170	70	68	–
6 п	600	95	85	185	95	100	–
7 п	611	90	85	185	90	82	–
8 л	601	95	85	185	95	109	–
9 л	1450	15	15	110	30	61	–
10 п	997	15	35	135	35	56	–
11 п	598	95	85	185	95	106	–
12 л	958	20	35	135	35	56	–
13 п	909	25	40	140	40	46	–
14 л	584	80	90	190	90	100	–

Величина непогашенного ускорения для максимальных и минимальных скоростей движения пассажирских и грузовых поездов определяется по формулам (1.6–1.8) и для кривой №3п N-ской дистанции пути равна:

$$a_{nn \max \text{ пас}} = \frac{100^2}{13 \cdot 597} - 0,00613 \cdot 95 = 0,71 \text{ (м/с}^2\text{)};$$

$$a_{nn \max \text{ гр}} = \frac{80^2}{13 \cdot 597} - 0,00613 \cdot 85 = 0,30 \text{ (м/с}^2\text{)};$$

$$a_{nn \min \text{ гр}} = \frac{80^2}{13 \cdot 597} - 0,00613 \cdot 185 = -0,31 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

Величины непогашенных ускорений для остальных кривых определяются аналогично и заносятся в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты расчета величины непогашенного ускорения в кривых участках пути

№ кривой	Радиус, м	$a_{\text{нп max пас, м/с}^2}$	$a_{\text{нп max гр, м/с}^2}$	$a_{\text{нп min гр, м/с}^2}$	$a_{\text{нп, м/с}^2}$
3 п	597	0,71	0,30	-0,31	0,70
4 л	602	0,70	0,30	-0,32	0,70
5 п	680	0,70	0,29	-0,32	0,70
6 п	600	0,70	0,30	-0,31	0,70
7 п	611	0,71	0,28	-0,33	0,70
8 л	601	0,70	0,30	-0,31	0,70
9 л	1450	0,44	0,25	-0,33	0,70
10 п	997	0,68	0,28	-0,33	0,70
11 п	598	0,70	0,30	-0,31	0,70
12 л	958	0,68	0,30	-0,31	0,70
13 п	909	0,69	0,30	-0,32	0,70
14 л	584	0,70	0,29	-0,32	0,70

Определение расчетных длин переходных кривых по допускаемому уклону отвода возвышения

Расчетная длина переводных кривых для кривой №3п N-ской дистанции пути определяется по формуле (1.9) и равна:

$$L = 95 / 1,6 = 59,4 \approx 59 \text{ (м)}.$$

Результаты расчета для всех остальных переходных кривых на заданном участке NNN–NNN (1 путь) N-ской дистанции пути приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Результаты расчета длин переходных кривых на участке NNN–NNN (1 путь) N-ской дистанции пути

№ кривой	Радиус, м	Допускаемый уклон возвышения i, ‰	h _y , мм	h _ф , мм	Расчетная длина переходных кривых		Фактическая длина переходных кривых	
					L ₁ , м	L ₂ , м	L ₁ , м	L ₂ , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3 п	597	1,6	95	94	59 (80)	59 (80)	132	129
4 л	602	1,6	95	78	59 (60)	59 (60)	90	92
5 п	680	1,6	70	68	44 (60)	44 (60)	82	93
6 п	600	1,6	95	100	59 (60)	59 (60)	105	89
7 п	611	1,6	90	82	56 (60)	56 (60)	103	86
8 л	601	1,6	95	109	59 (60)	59 (60)	111	114
9 л	1450	1,6	30	61	19 (30)	19 (30)	124	64
10 п	997	1,6	35	56	22 (40)	22 (40)	123	116
11 п	598	1,6	95	106	59 (80)	59 (80)	129	117
12 л	958	1,6	35	56	22 (40)	22 (40)	116	142
13 п	909	1,6	40	46	25 (40)	25 (40)	112	81
14 л	584	1,7	90	100	53 (80)	53 (80)	91	113

Примечание. В скобках () указаны значения длин переходных кривых, принимаемых по СТН Ц-01-95.

Определение норм устройства кривых по критериям a_n и ψ

Скорость изменения непогашенного ускорения для кривой №3 п N-ской дистанции пути определяется по формуле (1.10) и равна:

$$\psi = \frac{0,7 \cdot 100}{3,6 \cdot 80} = 0,24 \text{ (м/с}^3\text{)}.$$

Аналогично осуществляется расчет скорости изменения непогашенного ускорения для остальных кривых в пределах заданного участка. Полученные в результате расчета величины сводятся в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Ведомость проверки расчетных параметров кривых по условиям комфортабельности движения

№ кривой	Радиус, м	Установленная скорость движения поездов по приказу, км/ч	$a_{нп}$, м/с ²	$[a_{нп}]$, м/с ²	ψ , м/с ³	$[\psi]$, м/с ³	Соответствие условиям комфортабельности движения	
							по $a_{нп}$, м/с ²	по ψ , м/с ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3 п	597	100/80/80	0,71	0,7	0,24	0,6	–	+
4 л	602	100/80/80	0,70	0,7	0,32	0,6	+	+
5 п	680	100/80/80	0,70	0,7	0,32	0,6	+	+
6 п	600	100/80/80	0,70	0,7	0,32	0,6	+	+
7 п	611	100/80/80	0,71	0,7	0,32	0,6	–	+
8 л	601	100/80/80	0,70	0,7	0,32	0,6	+	+
9 л	1450	100/80/80	0,44	0,7	0,65	0,6	+	–
10 п	997	100/80/80	0,68	0,7	0,49	0,6	+	+
11 п	598	100/80/80	0,70	0,7	0,24	0,6	+	+
12 л	958	100/80/80	0,68	0,7	0,49	0,6	+	+
13 п	909	100/80/80	0,69	0,7	0,49	0,6	+	+
14 л	584	95/80/80	0,70	0,7	0,23	0,6	+	+

Примечание. «+» означает соответствие условиям комфортабельности движения поездов, «–» несоответствие.

Как видно из таблицы 2.4 и рисунков 2.1–2.2 параметры комфортабельности движения обеспечиваются практически во всех кривых участках пути. Исключением являются кривые участки пути №3п и №7п, у которых величина непогашенного ускорения превышает допустимую норму $[a_{нп}] = 0,7 \text{ м/с}^2$, а также кривая №9л, у которой скорость изменения непогашенного ускорения превышает установленную норму $[\psi] = 0,6 \text{ м/с}^3$. На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что при очередном ремонте пути данные превышения необходимо будет ликвидировать.

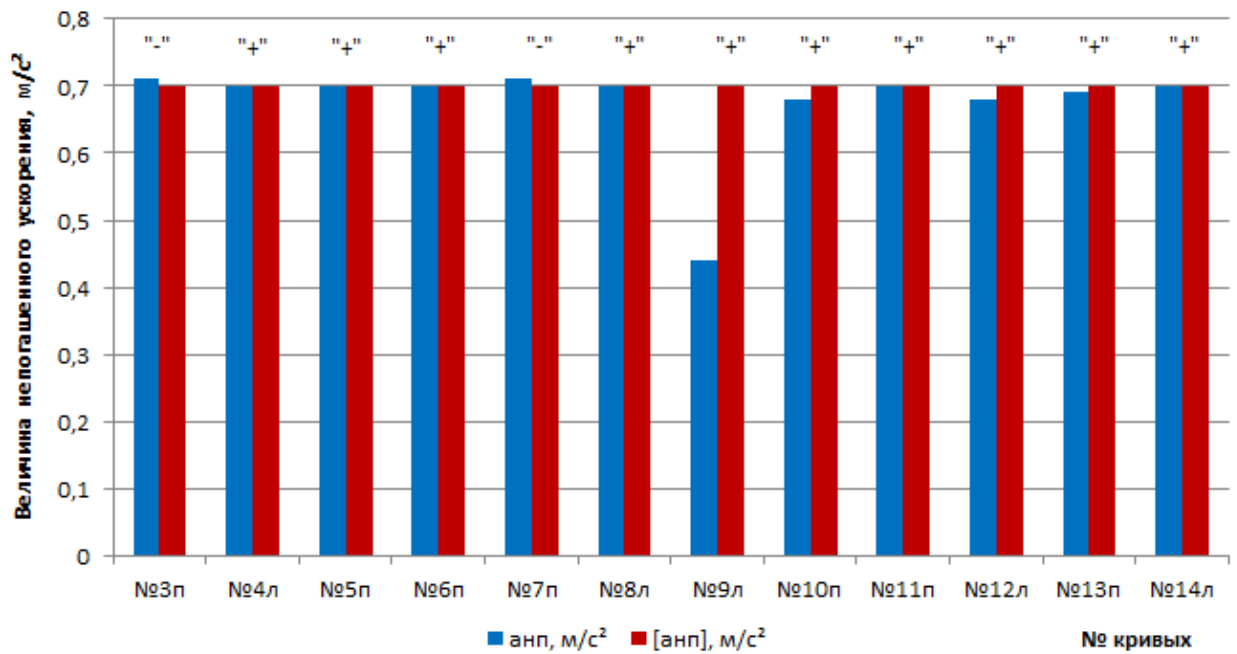


Рисунок 2.1 – Проверка соответствия условиям комфортабельности движения поездов по критерию $[a_{нп}]$

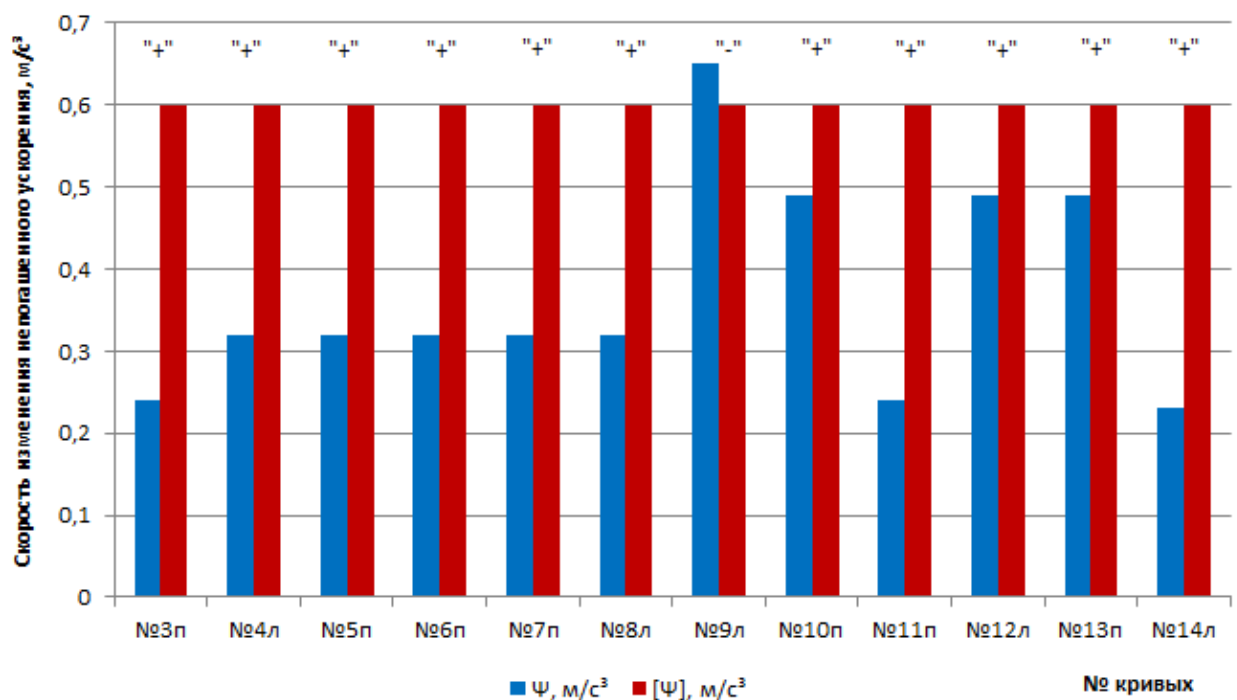


Рисунок 2.2 – Проверка соответствия условиям комфортабельности движения поездов по критерию $[\psi]$

Определение допускаемых скоростей движения поездов в кривых участках пути

Максимально допускаемая скорость движения в отдельно лежащей кривой №3п N-ской дистанции пути определяется по формуле (1.12) и равна:

$$V_{\max} = 3,6 \cdot \sqrt{597 \cdot ([0,7] + 6,13 \cdot 0,094)} = 99,4 \approx 99 \text{ (км/ч)}.$$

На основании приведенных расчетов видно, что установленная по приказу скорость $V = 100$ км/ч в кривой №3п больше, чем расчетная максимально допускаемая скорость $V_{\max} = 99$ км/ч, следовательно, она не соответствует нормам.

Максимально допустимые скорости движения, а также результаты проверки соответствия скоростей движения в остальных отдельно лежащих кривых участках пути представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Результаты проверки соответствия скоростей движения в отдельно лежащих кривых участках пути

№ кривой	Радиус, м	Установленная или реализуемая скорость движения поездов по приказу $V_{\text{уст.}}$, км/ч	Максимально допускаемая скорость движения поездов в кривых V_{\max} , км/ч	Соответствие скоростей движения $V_{\text{уст.}}$ и V_{\max}
1	2	3	4	
3 п	597	100/80/80	99	–
4 л	602	100/80/80	96	–
5 п	680	100/80/80	99	–
6 п	600	100/80/80	101	+
7 п	611	100/80/80	98	–
8 л	601	100/80/80	103	+
9 л	1450	100/80/80	142	+
10 п	997	100/80/80	116	+
11 п	598	100/80/80	102	+
12 л	958	100/80/80	114	+
13 п	909	100/80/80	108	+
14 л	584	95/80/80	100	+

На основании результатов, полученных в таблице 2.5 и на рисунке 2.3 можно сделать вывод о том, что установленные по приказу скорости

движения поездов на участке NNN–NNN (1 путь) N-ской дистанции пути в отдельно лежащих кривых (№3п, №4л, №5п, №7п) превышают максимально допускаемые рассчитанные скорости.

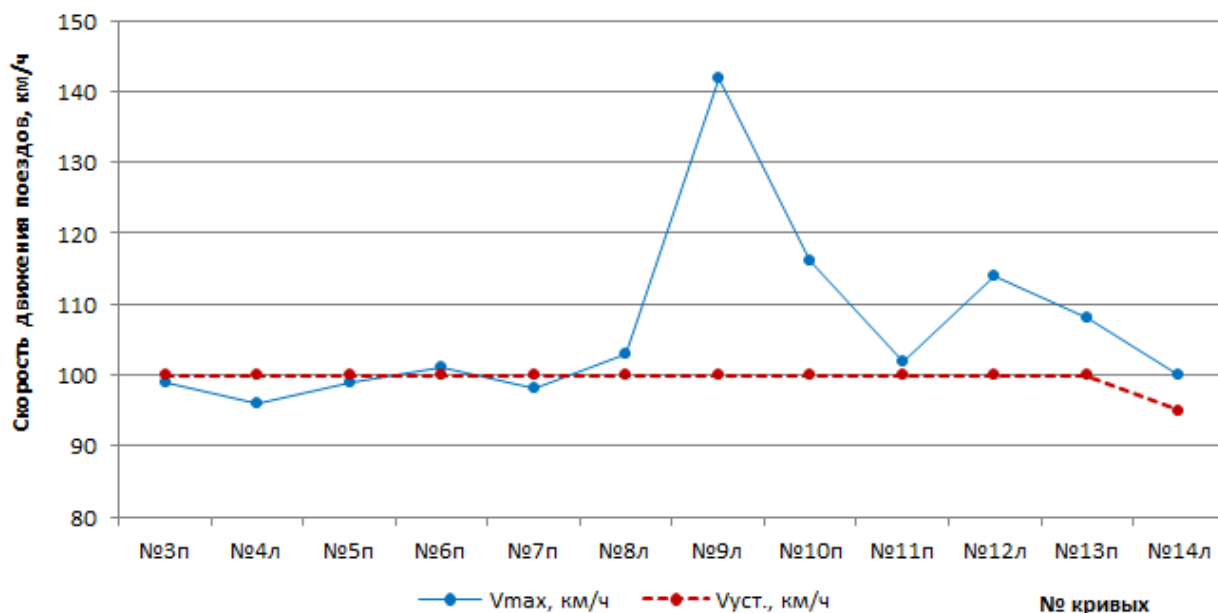


Рисунок 2.3 – Проверка соответствия скоростей движения поездов $V_{уст.}$ и V_{max}

Анализ норм устройства кривых участков пути

По результатам проведенных расчетов возвышений и длин переходных кривых составляется итоговая таблица и делается вывод о соответствии и несоответствии расчетных данных и фактических (см. таблицу 2.6).

Таблица 2.6 – Пример таблицы соответствия расчетных и фактических возвышений и длин переходных кривых

№ кривой	Радиус, м	Возвышение		Соотв. «+», несоот. «-»	Длина переходной кривой				Соотв. «+», несоот. «-»
		расчетное h _p =h _y , мм	фактическое h _ф , мм		расчетная		фактическая		
					L ₁ , м	L ₂ , м	L ₁ , м	L ₂ , м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3 п	597	95	94	+	80	80	132	129	+
4 л	602	95	78	+	60	60	90	92	+
5 п	680	70	68	+	60	60	82	93	+
6 п	600	95	100	—	60	60	105	89	+
7 п	611	90	82	+	60	60	103	86	+

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8 л	601	95	109	–	60	60	111	114	+
9 л	1450	30	61	–	30	30	124	64	+
10 п	997	35	56	–	40	40	123	116	+
11 п	598	95	106	–	80	80	129	117	+
12 л	958	35	56	–	40	40	116	142	+
13 п	909	40	46	–	40	40	112	81	+
14 л	584	90	100	–	80	80	91	113	+

В ходе выполненной оценки комфортабельности движения поездов на участке NNN – NNN (1 путь) с 331 по 357 км N-ской дистанции пути N-ской дирекции инфраструктуры установлено:

– фактические возвышения наружного рельса над внутренним практически во всех кривых не соответствуют расчетным. Данные несоответствия необходимо устранять при проведении очередного планово-предупредительного ремонта пути [3, 7];

– скорость изменения непогашенного ускорения по условиям комфортабельности движения поездов ни в одной кривой не превышает установленную норму $[\psi] = 0,6 \text{ м/с}^3$;

– длины переходных кривых на всех кривых участках пути находятся в соответствии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Временное руководство по определению возвышения наружного рельса и допускаемых скоростей движения в кривых № ЦПТ-44/17 от 22 августа 2009. – М.: Транспорт. – 30 с.
2. Певзнер В.О. Новое руководство по определению возвышения наружного рельса // Путь и путевое хозяйство. – 2010. №3.
3. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути (ЦП-774), утв. распоряжением ОАО «РЖД» №2791р от 29 декабря 2012 г.
4. СТН Ц-01-95. Строительные технические нормы. Железные дороги колеи 1520 мм. – М.: МПС РФ, 1995. – 86 с.
5. Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути, утв. распоряжением ОАО «РЖД» № 2788р от 29 декабря 2012 г.
6. ЦПТ-53. Технические условия на работы по ремонту и планово-предупредительной выправке пути, ВНИИЖТ, 2006 г.
7. Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути, утв. распоряжением №75р от 18 января 2013 г.

Приложение

Ведомость кривых участков пути на участке NNN – NNN (1 путь) с 331 по 357 км направления NNN-NNN

N-ской дистанции пути N-ской дирекции инфраструктуры

№ кривой	Кривая по рихтовке								Кривая по уровню							Установленная скорость по приказу, км/ч
	Начало кривой		Конец кривой		Радиус, м	Длина кривой, м	Длина переходной кривой, м		Начало кривой		Конец кривой		Возвыше- ние, мм	Длина переходной кривой, м		
км	м	км	м			1	2	км	м	км	м		1	2		
Направление: NNN–NNN 1 путь																
3 п	331	78	331	477	597	399	134	143	331	76	331	469	94	132	129	100/80/80
4 л	339	861	340	283	602	425	108	96	339	875	340	278	78	90	92	100/80/80
5 п	343	94	343	368	680	274	90	116	343	95	343	357	68	82	93	100/80/80
6 п	344	378	345	19	600	647	120	120	344	378	344	993	100	105	89	100/80/80
7 п	345	672	346	72	611	415	101	86	345	676	346	72	82	103	86	100/80/80
8 л	347	652	348	474	601	824	119	122	347	658	348	470	109	111	114	100/80/80
9 л	350	183	350	854	1450	671	100	57	350	171	350	858	61	124	64	100/80/80
10 п	351	310	351	793	997	483	143	136	351	321	351	783	56	123	116	100/80/80
11 п	352	178	353	38	598	806	139	127	352	182	353	28	106	129	117	100/80/80
12 л	355	26	355	436	958	410	117	137	355	21	355	428	56	116	142	100/80/80
13 п	355	508	355	781	909	273	126	96	355	512	355	774	46	112	81	100/80/80
14 л	357	141	357	946	584	805	105	123	357	141	357	943	100	91	113	95/80/80