

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

Н.И. Залавский, Е.В. Корниенко, В.В. Карпачевский

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ

Учебно-методическое пособие
к лабораторным работам

Ростов-на-Дону
2015

УДК 625.1(07) + 06

Рецензент – кандидат технических наук, доцент А.А. Ревякин

Залавский, Н.И.

Железнодорожный путь: учебно-методическое пособие к лабораторным работам / Н.И. Залавский, Е.В. Корниенко, В.В. Карпачевский; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2015. – 38 с. – Библиогр.: с. 37.

Изложены рекомендации по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Железнодорожный путь». Представлены индивидуальные задания. Учебно-методическое пособие призвано активизировать самостоятельную работу студентов, способствовать более глубокому изучению курса.

Предназначено для студентов всех форм обучения специальности «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей».

Одобрено к изданию кафедрой «Путь и путевое хозяйство».

© Залавский Н.И., Корниенко Е.В.,
Карпачевский В.В., 2015
© ФГБОУ ВО РГУПС, 2015

Оглавление

Введение.....	4
Лабораторная работа №1. Определение необходимой плотности грунта.....	5
Лабораторная работа № 2. Замеры и оценка параметров рельсовой колеи в прямой.....	12
Лабораторная работа № 3. Замеры и оценка возвышения наружного рельса в кривой.....	15
Лабораторная работа №4. Замеры и оценка вертикального и бокового износа рельсов.....	21
Лабораторная работа №5. Замеры и оценка параметров обыкновенного стрелочного перевода.....	27
Лабораторная работа №6. Оценка засоренности и загрязненности балластного материала	33
Библиографический список.....	37

Введение

Состояние пути, характеризуемое положением рельсовой колеи по уровню, в продольном профиле и плане, в значительной мере зависит от стабильности земляного полотна и балластного слоя. Влияние подвижной нагрузки и природных факторов на несущую способность подшпального основания особенно неблагоприятно сказывается на участках с интенсивным загрязнением пути и в местах с близким стоянием грунтовых вод. Источниками загрязнения (засорения) являются просыпающиеся с подвижного состава частицы сыпучих грузов, а также частицы, переносимые ветром, которые осаждаются на полотне, и на отдельных участках песок, подающийся под колеса локомотивов. Балластный слой загрязняют также частицы балласта при его истирании и раздроблении от вибродинамического воздействия подвижной нагрузки и от выполнения путевых ремонтных работ.

Кроме указанных загрязнителей на земляном полотне, сложенном глинистыми грунтами (75 % протяженности железных дорог России) в местах с просадками пути в балластный слой проникают глинистые частицы. Просадки пути характеризуются интенсивными расстройками рельсовой колеи. На пути проявляются осадки по головкам рельсов и сдвижки рельсошпальной решетки. Наверх балластной призмы, на обочины и в откосы кюветов выдавливается глинистый грунт. Суспензия из разжиженного глинистого грунта или отдельные частицы этого грунта под действием подвижной нагрузки поступает с построечной основной площадки (граница раздела балластных и дренирующих материалов и глинистых грунтов земляного полотна) и выдавливаются из-под шпал. Поверхность этой площадки на эксплуатируемых линиях неравномерно деформирована: под рельсошпальной решеткой на ней за период эксплуатации образовались балластные углубления (корыта, ложа). Глинистые грунты в пределах этих углублений имеют повышенную в 1,2 - 1,3 раза влажность по сравнению с ровной со стоком площадкой.

Из-за снижения несущей способности подетального основания вследствие загрязнения щебня и увеличения влажности глинистых грунтов и засорителей в балласте возрастает интенсивность расстройств пути по уровню и в продольном профиле, особенно в местах с повышенным динамическим воздействием (уравнительные пролеты, стрелочные переводы, сварные стыки). На пути образуются перекосы, просадки, выплески и потайные толчки (пустоты, люфты под шпалами). При этом группы шпал с потайными толчками соседствуют с плотно прилегающими к балласту шпалами. Алгебраические разности уклонов по головкам рельсов в продольном профиле под поездом в этих местах могут быть больше нормируемых значений на порядки. Образующаяся силовая неровность (изгиб рельсов) увеличивает динамическое воздействие подвижного состава и повышает вероятность выхода рельсов по дефектам. Одновременно с этим из-за повышенных вертикальных перемещений рельсошпальной решетки расстраиваются узлы креплений, снижается срок службы шпал.

Лабораторная работа №1

Определение необходимой плотности грунта

Цель работы: Определить необходимую плотность грунта, которая обеспечивает прочность насыпи, т. е. ее работу в период эксплуатации в упругой стадии (без остаточных деформаций).

Необходимая (нормативная) плотность грунта ρ^H_d , которая обеспечивает прочность насыпи, т. е. ее работу в период эксплуатации в упругой стадии (без остаточных деформаций), определяется расчетом как функция напряженного состояния грунта насыпи $\rho^H_d = f(\sigma)$ по формуле

$$\rho^H_d = \rho_s / (1 + e_o); \gamma_o = \rho^H_d (1 + W)g, \quad (1.1)$$

где g – ускорение силы тяжести, м/с².

Расчетный коэффициент пористости (показатель состояния грунта насыпи в упругой стадии), характеризующий необходимую плотность грунта, вычисляется по формуле

$$e_o = e_{сн} - K_e (\Delta e_c - \Delta e_o), \Delta e_c = e_{сн} - e_{ск}, \Delta e_o = e_{он} - e_{ок}, \quad (1.2)$$

где $K_e = 1,65$ – коэффициент многократности приложения нагрузки.

Значения $e_{сн}$, $e_{ск}$ определяются по ветвям нагрузки и разгрузки компрессионной кривой (рис. 1) при статической нагрузке $\sigma_c = \sigma_{вс} + \sigma_\gamma$ (постоянные напряжения от верхнего строения пути и собственного веса грунта насыпи), $e_{он}$, $e_{ок}$ определяются при полной нагрузке $\sigma_o = \sigma_c + \sigma_\Pi$ (общие напряжения с учетом временной поездной нагрузки).

Напряжения в насыпи от прямоугольных полосовых нагрузок p_Π , $p_{вс}$ можно рассчитать по формуле

$$\sigma_{ji} = I_{ji} p_j, \quad (1.3)$$

где I_{ji} – коэффициент рассеяния напряжений, табличные значения доли напряжений σ_{ji} вертикальной составляющей, соответствующей интенсивности нагрузки $p_j = 1,0$ кПа в i -й точке.

При координатах точки $M_i (y_i, x_i)$ $I_{ji} = f(y_i / b_j ; x_i / b_j)$.

Напряжения от собственного веса грунта $\sigma_\gamma = \gamma_i (y_i - y_{i-1})$.

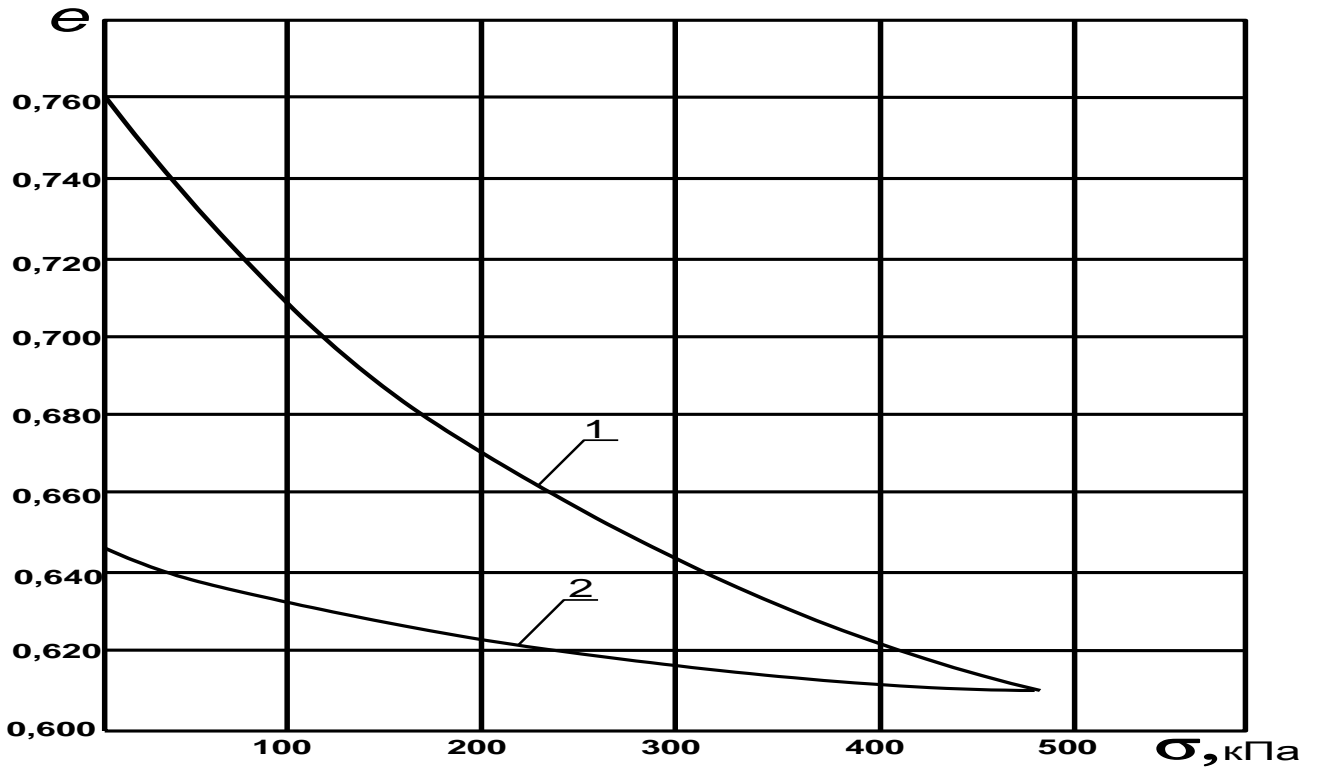


Рис.1. Компрессионная кривая грунта насыпи $e = f(\sigma)$:
1 – ветвь нагрузки; 2 – ветвь разгрузки

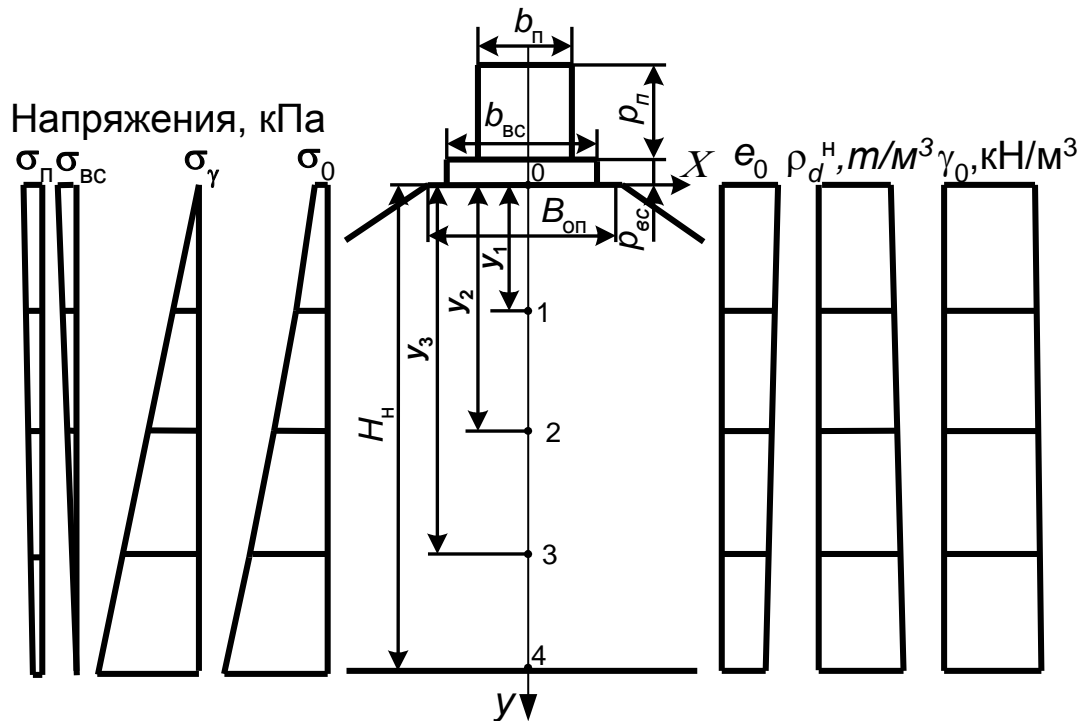


Рис. 2. Расчетная схема для определения плотности ρ_d^H однопутной насыпи

Определение ρ_d^H следует выполнять для пяти точек по оси насыпи.

Пример. Известно: Насыпь однопутная ПК 1753 + 80. $O_{бр} = 212,94$; $O_{ос} = 196,00$ на ПК 1753 и $O_{ос} = 197,2$ на ПК 1754 (приложение А); верхнее строение легкого типа; шпалы деревянные; грунт глинистый: $\rho_s = 2,7 \text{ т/м}^3$; $W = 21 \%$; $p_{п} = 60 \text{ кПа}$; $b_{п} = 2,75 \text{ м}$; $p_{вс} = 14,0 \text{ кПа}$; $b_{вс} = 4,30 \text{ м}$ (приложение Б).

Расчетная схема для определения ρ_{d}^H показана на рисунке 2, компрессионная кривая грунта насыпи – на рисунке 1.

$H_H = 212,94 - 196,0 + 80(196,0 - 197,2) / 100 = 15,98 \text{ м}$. Принимаем $H_H = 16,0 \text{ м}$

Решение. В точке О ($x_0 = 0,0$; $y_0 = 0,0$).

$$I_{по} = f(0,0/2,75; 0,0/2,75) = f(0,0; 0,0) = 1,00 \text{ (приложение В)}.$$

$$I_{вс0} = f(0,0/4,30; 0,0/4,30) = f(0,0; 0,0) = 1,00.$$

Тогда $\sigma_{п} = 1,00 \cdot 60,0 = 60,0 \text{ кПа}$; $\sigma_{вс} = 1,00 \cdot 14,0 = 14,0 \text{ кПа}$;

$$\sigma_c = \sigma_{вс} + \sigma_{\gamma} = 14,0 + 0 = 14 \text{ кПа}; \sigma_o = \sigma_c + \sigma_{п} = 14,0 + 60,0 = 74,0 \text{ кПа}.$$

По компрессионной кривой (см. рисунок 1) находим:

$$\text{при } \sigma_c = 14,0 \text{ кПа} \quad e_{сн} = 0,752; \quad e_{ск} = 0,644;$$

$$\text{при } \sigma_o = 74,0 \text{ кПа} \quad e_{он} = 0,719; \quad e_{ок} = 0,635.$$

Вычисляем $\Delta e_c = e_{сн} - e_{ск} = 0,752 - 0,644 = 0,108$;

$$\Delta e_o = e_{он} - e_{ок} = 0,719 - 0,635 = 0,084.$$

Коэффициент пористости $e_o = 0,752 - 1,65 \cdot (0,108 - 0,084) = 0,712$.

Необходимая плотность грунта $\rho_{d}^H = 2,70 / (1 + 0,712) = 1,577 \text{ т/м}^3$.

Объемный вес грунта $\gamma_o = 1,577 \cdot (1 + 0,21) \cdot 9,81 = 18,72 \text{ кН/м}^3$.

При ($x = 0,0$; $y = 4,0 \text{ м}$) $I_{п1} = f(0,0/2,75; 4,0/2,75) = f(0,00; 1,45)$.

Линейно интерполируя по приложению В, определяем:

$$I_{п1} = 0,46 - ((0,46 - 0,40) / (1,50 - 1,25))(1,45 - 1,25) = 0,412;$$

$$\sigma_{п1} = 0,412 \cdot 60 = 24,72 \text{ кПа}.$$

$$I_{вс1} = f(0,0/4,3; 4,0/4,3) = f(0,00; 0,93;) =$$

$$= 0,67 - [(0,67 - 0,54) / (1,00 - 0,75)](0,93 - 0,75) = 0,576;$$

$$\sigma_{вс1} = 0,576 \cdot 14,0 = 8,06 \text{ кПа}.$$

Принимаем $\gamma_{o1} = 18,72 \text{ кН/м}^3$, тогда

$$\sigma_{\gamma1} = 0 + 0,5(18,72 + 18,72) \cdot 4,0 = 74,88 \text{ кПа}.$$

Вычисляем $\sigma_{с1} = 8,06 + 74,88 = 82,94 \text{ кПа}$;

$$\sigma_{o1} = 82,94 + 24,72 = 107,66 \text{ кПа}.$$

По компрессионной кривой (см. рисунок 1.1) находим:

$$\text{при } \sigma_{с1} = 82,94 \text{ кПа} \quad e_{сн1} = 0,714; \quad e_{ск1} = 0,634;$$

$$\text{при } \sigma_{o1} = 107,66 \text{ кПа} \quad e_{сн1} = 0,701; \quad e_{ск1} = 0,631.$$

Вычисляем $\Delta e_c = 0,714 - 0,634 = 0,080$;

$$\Delta e_o = 0,701 - 0,631 = 0,070;$$

$$e_{o1} = 0,714 - 1,65 \cdot (0,080 - 0,070) = 0,698.$$

Необходимая плотность грунта $\rho_{d2}^H = 2,70 / (1 + 0,698) = 1,590 \text{ т/м}^3$.

Объемный вес грунта $\gamma_{o1} = 1,590 \cdot (1 + 0,21) \cdot 9,81 = 18,87 \text{ кН/м}^3$.

Дальнейший расчет для точек 2, 3, 4 приведен в табличной форме (таблица 1).

По результатам расчета вычерчиваются эпюры сжимающих напряжений σ_i , а также e_{oi} , ρ_{di}^H , γ_i (см. рис. 2).

Находим средние значения:

$$e_{cp} = (0,712 + 0,698 + 0,677 + 0,659 + 0,641) / 5 = 0,677;$$

$$\rho^H_{dcp} = (1,577 + 1,590 + 1,610 + 1,627 + 1,645) / 5 = 1,610 \text{ т/м}^3.$$

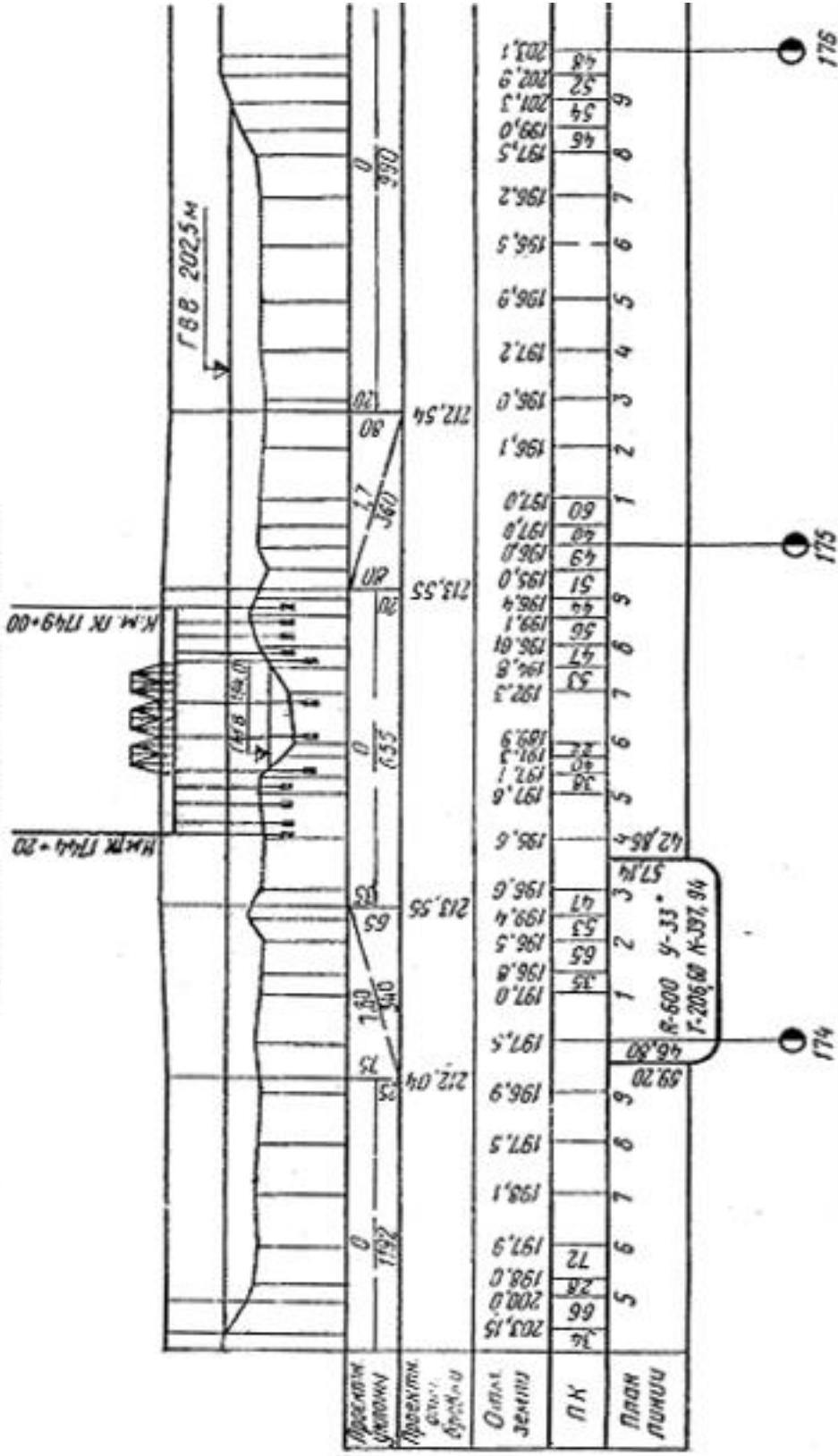
$$\gamma_{ocp} = (18,72 + 18,87 + 19,11 + 19,31 + 19,53) / 5 = 19,11 \text{ кН/м}^3.$$

Таблица 1 – Определение плотности грунта по оси насыпи

Расчетные величины	Значения величин для точек				
	0	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
y_i , М	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00
$h_i = y_i - y_{i-1}$, М	0,00	4,00	4,00	4,00	4,00
x_i , М	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$b_{пi}$, М	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
$x_i / b_{пi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$y_i / b_{пi}$	0,00	1,45	2,91	4,36	5,82
$I_{пi} = f(x_i / b_{пi}; y_i / b_{пi})$	1,00	0,412	0,219	0,149	0,114
$p_{пi}$, кПа	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0
$\sigma_{пi} = I_{пi} p_{пi}$, кПа	60,0	24,72	13,14	8,94	6,84
$x_{всi}$, М	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$b_{всi}$, М	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30
$x_i / b_{всi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$y_i / b_{всi}$	0,00	0,93	1,86	2,79	3,72
$I_{всi} = f(x_i / b_{всi}; y_i / b_{всi})$	1,00	0,576	0,332	0,231	0,174
$p_{всi}$, кПа	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
$\sigma_{всi} = I_{всi} p_{всi}$, кПа	14,0	8,06	4,65	3,23	2,44
γ'_{oi} , кН/м ³	(18,72)	18,72	18,87	19,11	19,31
$\sigma_{\gamma i} = \sigma_{\gamma(i-1)} + 0,5(\gamma_{o(i-1)} + \gamma_{oi})h_i$, кПа	0,00	74,88	150,06	226,02	302,86
$\sigma_{ci} = \sigma_{всi} + \sigma_{\gamma i}$, кПа	14,0	82,94	154,71	229,25	305,30
$\sigma_{oi} = \sigma_{ci} + \sigma_{пi}$, кПа	74,0	107,66	167,85	238,19	312,14
При σ_{ci} :					
$e_{сni}$	0,752	0,714	0,685	0,662	0,643
$e_{ски}$	0,644	0,634	0,627	0,621	0,616
$\Delta e_{ci} = e_{сni} - e_{ски}$	0,108	0,080	0,058	0,041	0,027
При σ_{oi} :					
$e_{они}$	0,719	0,701	0,678	0,659	0,642
$e_{оки}$	0,635	0,631	0,626	0,620	0,616
$\Delta e_{oi} = e_{они} - e_{оки}$	0,084	0,070	0,053	0,039	0,026
$e_{oi} = e_{сni} - K_e(\Delta e_{ci} - \Delta e_{oi})$	0,712	0,698	0,677	0,659	0,641
$\rho^H_{di} = \rho_s / (1 + e_{oi})$, т/м ³	1,577	1,590	1,610	1,627	1,645
$\gamma_{oi} = \rho_{di}(1 + W)g$, кН/м ³	18,72	18,87	19,11	19,31	19,53

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Продольный профиль пойменной насыпи



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Характеристики погонных нагрузок верхнего строения пути (для однопутных участков)

Характеристики верхнего строения пути		Параметры нагрузок верхнего строения пути		
Тип верхнего строения пути	Шпалы	Толщина балластного слоя, м	Средняя ширина балластной призмы $b_{вс}$, м	Интенсивность нагрузки $p_{вс}$, кПа
Тяжелый	Деревянные	0,70	4,80	16,0
	Железобетонные	0,75	4,90	17,0
Средний	Деревянные	0,65	4,50	15,0
	Железобетонные	0,70	4,60	16,0
Легкий	Деревянные	0,60	4,30	14,0
	Железобетонные	0,65	4,40	15,0

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Величины напряжений в земляном полотне I_{ji} (от единичной полосовой прямоугольной нагрузки (при $x_i/b_j = 0,0; y_i/b_j$))

y_i/b_j	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00
I_{ji}	1,00	0,96	0,82	0,67	0,54	0,46	0,40	0,35	0,31	0,21	0,16	0,13	0,11

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Исходные данные	Значения исходных данных по вариантам задания																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1. Категория дорог	II	III	II	I	II	II	III	I	II	II	II	III	II	I	II	II	III	II	I	II	II	III	II	I	II
2. Шпалы	Деревянные		Железобетонные			Деревянные		Железобетонные			Деревянные		Железобетонные			Деревянные		Железобетонные			Деревянные		Железобетонные		
3. Род балласта	Щебеночный					Щебеночный					Щебеночный					Щебеночный					Щебеночный				
4. Грунт насыпи	Супесь					Суглинок					Супесь					Суглинок					Супесь				
5. $\rho_{сн}$, т/м ³	2,62					2,68					2,63					2,68					2,61				
6. W_n , %	17	19	18	20	21	20	22	24	21	23	17	19	21	18	20	20	22	24	21	23	15	17	19	16	17
7. ПК плюс (прил. А)	1736		1737			1738					1739					1740		1741			1743				
	00	50	00	30	70	00	20	40	60	80	00	25	40	60	80	00	50	00	35	75	00	20	40	60	80

Исходные данные	Значения исходных данных по вариантам задания																								
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1. Категория дороги	II	III	II	I	II	II	III	II	I	II	II	III	II	I	II	II	III	II	I	II	II	III	II	I	II
2. Шпалы	Деревянные		Железобетонные			Деревянные		Железобетонные			Деревянные		Железобетонные			Деревянные		Железобетонные			Деревянные		Железобетонные		
3. Род балласта	Щебеночный					Щебеночный					Щебеночный					Щебеночный					Щебеночный				
4. Грунт насыпи	Суглинок					Супесь					Суглинок					Супесь					Суглинок				
5. $\rho_{сн}$, т/м ³	2,68					2,67					2,65					2,64					2,66				
6. W_n , %	18	20	22	22	21	18	20	21	18	19	20	17	19	21	19	18	20	19	18	19	20	18	19	18	17
7. ПК плюс (прил.А)	1749					1752					1753					1754		1755			1756				
	30	50	90	40	75	00	20	40	60	80	00	20	40	60	80	00	30	70	00	60	00	50	00	40	80

Лабораторная работа № 2

Замеры и оценка параметров рельсовой колеи в прямой

Цель работы: Произвести замер ширины рельсовой колеи в прямом участке железнодорожного пути.

Рельсовая колея характеризуется шириной S , положением рельсовых нитей по уровню и подуклонкой рельсов, обусловленной коничностью 1:20 колес подвижного состава. Ширина колеи S тесно связана с размерными параметрами колесной пары (рис. 3).

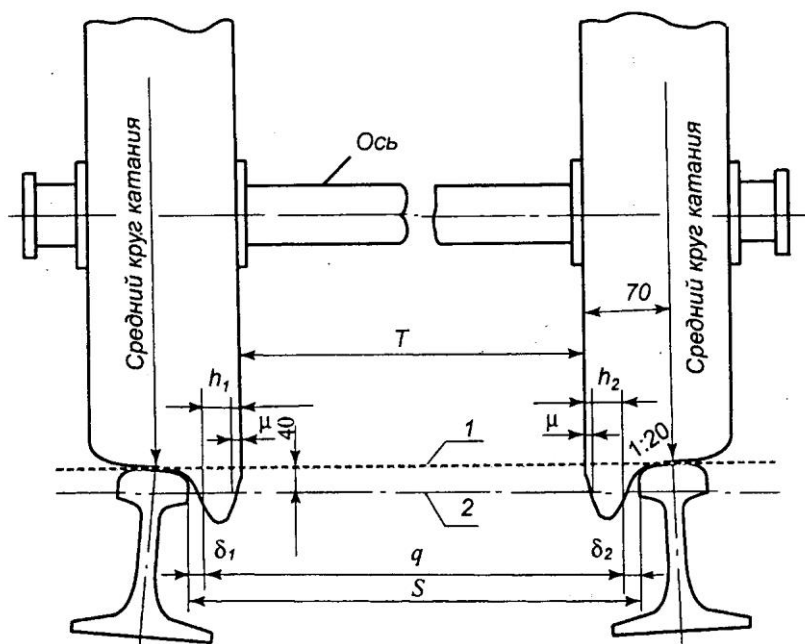


Рис. 3. Колесная пара на рельсах:
1 – уровень катания; 2 – расчетная плоскость

На прямых участках всегда имеется свободный зазор $\delta = \delta_1 + \delta_2$ между внутренними гранями головок рельсов и гребнями колес подвижного состава, благодаря чему обеспечивается свободный проход подвижного состава при минимуме сил взаимодействия колеса и рельса.

Размеры ширины колеи S , насадки колес T и толщины гребня h (см. рис. 3) с учетом допусков и износа колес установлены Правилами технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации.

Шириной колесной колеи q (см. рис. 3) называют расстояние между рабочими гранями гребней (реборд) колес в расчетной плоскости. Последняя расположена на 13 мм ниже средних кругов катания (для неизношенных колес и рельсов). Здесь же измеряется и ширина колеи S .

Из данных рис. 3 видно, что

$$\delta = S - q = S - (T + 2h + 2\mu), \quad (1.4)$$

где μ – утолщение гребня выше расчетной плоскости, равное для вагонных колес 1 мм. Для локомотивных колес оно отсутствует ($\mu = 0$).

Согласно ПТЭ для локомотивов и вагонов, обращающихся со скоростью до

120 км/ч включительно, $T = 1440 \pm 3$ мм; $h_{\max} = 33$ мм и $h_{\min} = 25$ мм. При скоростях от 120 до 140 км/ч $T = 1440$ мм с допусками $+3, -1$ мм; $h_{\max} = 33$ мм и $h_{\min} = 28$ мм. Ширина колеи S в прямых установлена равной 1520 мм с допуском по уширению $+8$ мм и по сужению -4 мм, а на участках, где ограничена скорость движения 50 км/ч и менее – по уширению $+10$ мм, а по сужению -4 мм.

С учетом норм и допусков параметры колесных пар и рельсовой колеи на прямых в соответствии с формулой (1.4) представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Размеры колесных пар и рельсовой колеи на прямых, мм

Параметры рельсовых пар и рельсовой колеи		Вагонные колеса при скоростях, км/ч		Локомотивные колеса при скоростях, км/ч	
		До 120	От 120 до 140	До 120	От 120 до 140
Насадка T	макс.	1443	1443	1443	1443
	норм.	1440	1440	1440	1440
	мин.	1437	1439	1437	1439
Толщина гребня h	макс.	33	33	33	33
	норм.	33	33	33	33
	мин.	25	28	25	28
Ширина колесной пары q	макс.	1511	1511	1509	1509
	норм.	1508	1508	1506	1506
	мин.	1489	1497	1487	1495
Ширина рельсовой колеи S	макс.	1528	1528	1528	1528
	норм.	1520	1520	1520	1520
	мин.	1516	1516	1516	1516
Суммарный зазор δ	макс.	39	31	41	33
	норм.	12	12	14	14
	мин.	5	5	7	7

Ширина колеи менее 1512 и более 1548 мм не допускается.

Следует отметить, что до 1970 г. нормальная ширина колеи в прямых была 1524 мм (5 футов). При этом суммарная ширина зазоров δ оказывалась на 4 мм больше величин, приведенных в табл. 2. В связи с переходом на ширину $S = 1520$ мм уменьшился зазор δ , что обеспечило существенное снижение горизонтальных поперечных сил, возникающих при вливающем движении экипажей на прямых, и ударов гребней колес о рельсы при входе в кривые. Тем самым достигнуто снижение расстройств пути.

С уменьшением зазора до оптимального значения уменьшается поперечное воздействие подвижного состава на путь. При очень малых зазорах увеличивается сопротивление движению поезда. Допускается минимальный зазор 7 мм для локомотивов и 5 мм для грузовых вагонов, оптимальный размер составляет соответственно 14 и 12 мм, а максимальный – 31 и 29 мм.

Исходные данные для оценки параметров рельсовой колеи в прямой

Параметры рельсовой колеи	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6	Вариант 7	Вариант 8	Вариант 9
Насадка T	1443	1440	1437	1439	1443	1437	1440	1439	1440
Толщина гребня h	33	33	25	28	25	33	28	33	25

Лабораторная работа № 3

Замеры и оценка возвышения наружного рельса в кривой

Цель работы: Определить возвышение наружного рельса в кривой.

Перемещение экипажа в кривой складывается из двух движений поступательного и вращательного вокруг точки, расположенной на продольной оси экипажа, называемой центром поворота.

Непрерывное вращение экипажа относительно центра поворота исходит под действием сил, возникающих в точках соприкосновения гребней колес направляющих осей с боковой гранью головки рельсов. Это направляющие силы.

Так как любой железнодорожный экипаж имеет больше одной оси, а в пределах жесткой базы все они параллельны между собой и поворачиваться относительно продольной оси этой базы не могут, то движение, связанное с поворотом экипажа, возможно лишь при скольжении колес по рельсам, что вызывает их повышенный износ.

При непрерывном повороте экипажа кривой возникает поперечное ускорение

$$a_{ц} = \frac{V^2}{R}, \quad (1.5)$$

где V – скорость движения;
 R – радиус кривой.

Центробежная сила J , равная произведению массы экипажа m на величину ускорения a и направленная в сторону от центра кривой (рис. 4), определяется по формуле

$$J = \frac{mV^2}{R}, \quad (1.6)$$

Эта сила прижимает экипаж к наружной нити, затрудняет его поворот и тем самым увеличивает направляющую силу и, как следствие, боковой износ наружного и рельса.

Центробежная сила как инерционная сила вызывает не только смещение в сторону наружной рельсовой нити, но и крен кузова на рессорах. Вследствие этого смещается центр тяжести подрессорного и горного 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.

При торможении возникают продольные силы, поперечные составляющие которых также увеличивают направляющие силы.

Для уменьшения центробежной силы и указанных выше неблагоприятных последствий, которые она вызывает, в кривых участках пути устраивают возвышение наружного рельса.

При возвышении наружного рельса центробежная сила уменьшается на величину горизонтальной составляющей веса экипажа, определяемой по формуле

$$T = mg \frac{h}{S_0}, \quad (1.7)$$

где g – ускорение силы тяжести;
 h – возвышение наружного рельса;
 S_0 – расстояние между осями рельсовых нитей (в расчетах обычно принимают $S_0 = 1,6$ м).

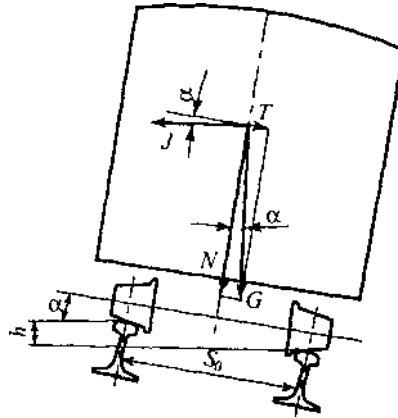


Рис. 4. Расчетная схема для определения возвышения наружного рельса в кривых:

h – возвышение наружного рельса в кривой радиуса R S_0 – расстояние между двумя осями рельсов ($S_0 = 1600$ мм); G – вес экипажа; J – центробежная сила; N, T – составляющие веса экипажа G ; α – угол наклона полотна пути

Разность между силами J и T составит

$$F_n = m \left(\frac{v^2}{R} - g \frac{h}{S_0} \right), \quad (1.8)$$

а выражение в скобках носит название непогашенного поперечно ускорения:

$$a_{\text{нп}} = \frac{v^2}{R} - g \frac{h}{S_0}, \quad (1.9)$$

Минимум поперечного воздействия на путь в кривой от многих эк пажей будет при

$$\sum F_n = \sum m_i \cdot a_n = 0. \quad (1.10)$$

К этому условию, назовем его первым, приводится выполнение требования о равенстве суммы вертикальных давлений колес на наружную и внутреннюю рельсовые нити, если не учитывать сдвиги центра тяжести экипажей относительно оси колеи за счет определенной установки его при вписывании. Суммировать воздействие следует за год, пользуясь графиками движения поездов, с учетом ближайшей перспективы.

Требование (1.10) выполняется при $a_n = 0$, что позволяет определять возвышение наружного рельса по формуле

$$h = 12,5 \frac{V_{\text{прив}}^2}{R}. \quad (1.11)$$

В настоящее время имеет, как правило, место существенный разрыв в скоростях движения грузовых и пассажирских поездов. Поэтому приходится разрешать непогашенное центробежное ускорение $a_n = 0,7$ м/с². Это приводит ко

второму условию:

$$\frac{v^2}{R} = 6,13h \leq a_{\text{нп}}, \quad (1.12)$$

что позволяет получить вторую формулу для определения возвышения наружного рельса при $a_{\text{нп}} = 0,7 \text{ м/с}^2$:

$$h = 12,5 \frac{V_{\text{максн}}^2}{R} - 115. \quad (1.13)$$

Для грузовых поездов непогашенное ускорение иногда ограничивают величиной $a_{\text{нп}} = \pm 0,3 \text{ м/с}^2$. В случае $a_{\text{нп}} = 0,3 \text{ м/с}^2$ величина возвышения наружного рельса определяется по формуле

$$h = 12,5 \frac{V_{\text{максг}}^2}{R} - 50. \quad (1.14)$$

Приведенная скорость поездопотока

$$V_{\text{прив}} = \sqrt{\frac{\sum n_i Q_i V_{\text{иср}}^2}{\sum n_i Q_i}}, \quad (1.15)$$

где Q_i – масса поезда данного (i -го) вида (пассажирского, грузового, груженого, порожнего, пригородного), т брутто;

n – суточное число поездов i -го вида;

$V_{\text{иср}}$ – средняя скорость движения поездов i -го вида на рассматриваемой кривой, определяемая по локомотивным скоростемерным лентам выборочно в различные периоды года (весной, летом, осенью, зимой – по пять-шесть), км/ч,

$V_{\text{макс.п}}$ – максимальная допустимая скорость пассажирских поездов, установленная приказом начальника железной дороги для данной кривой радиуса R , которая не должна превышать скорости, получаемой по тяговому расчету для ведущей серии локомотивов, км/ч;

115 – величина допускаемого максимального недостатка до возвышения наружного рельса, рассчитанная из условия неперевышения установленной нормы непогашенного ускорения для пассажирских поездов ($0,7 \text{ м/с}^2$).

Из полученных по формулам (1.11) и (1.13) величин возвышения принимается большее и округляется до значения, кратного 5.

В зависимости от конкретных условий работы пути в кривой (интенсивности износа рельсов по одной и другой нитям), полученная расчетом величина возвышения, при необходимости может корректироваться в пределах нормативов непогашенных ускорений.

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

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

В целях сокращения расходов на содержание пути при проведении ремонтных работ величину возвышения наружного рельса в кривых рекомендуется устанавливать исходя из непогашенного ускорения $a_{нп} = \pm 0,3 \text{ м/с}^2$ для грузовых поездов.

Согласно ПТЭ на отечественных железных дорогах максимальное возвышение принято ограничивать величиной $h_{\max} = 150 \text{ мм}$. Если по расчету окажется, что $h > h_{\max} = 150 \text{ мм}$, следует на вновь строящихся линиях увеличить радиус кривой, а на эксплуатируемых линиях ограничивают скорость движения пассажирских поездов из условия $a_{нп} = 0,7 \text{ м/с}^2$ при $h = 150 \text{ мм}$ по формуле

$$V_{\max} = 4,6\sqrt{R}. \quad (1.16)$$

Пример: Определить необходимое возвышение наружного рельса в кривых радиусом $R = 300 \text{ м}$ и $R = 800 \text{ м}$, расположенных на участке по которому проходят поезда, указанные в табл. 3, со скоростями кривой радиусом $R = 300 \text{ м}$ $V_{\max \text{ п}} = 80 \text{ км/ч}$ и в кривой радиусом $R = 800 \text{ м}$ $V_{\max \text{ п}} = 110 \text{ км/ч}$.

По формуле (1.11) определим возвышение наружного рельса из условия обеспечения равномерного вертикального износа рельсов обеих нитей кривой

$$h = 12,5 \frac{V_{\text{прив}}^2}{R}.$$

Таблица 3 – Исходные данные для примера

Поезда	Количество поездов n_i , шт.	Масса Q_i , поездов, т брутто	Средняя скорость $V_{i \text{ ср.}}$ км/ч, движения по кривым радиуса R , м	
			300	800
Пассажирские	$n_1 = 8$	$Q_1 = 1100$	$V_1 = 70$	$V_1 = 72$
Пригородные	$n_2 = 10$	$Q_2 = 750$	$V_2 = 74$	$V_2 = 76$
Грузовые груженные	$n_3 = 40$	$Q_3 = 3600$	$V_3 = 63$	$V_3 = 65$
Грузовые порожние	$n_4 = 20$	$Q_4 = 1400$	$V_4 = 65$	$V_4 = 67$

Квадрат приведенной скорости грузопотока в соответствии с выражением (1.15) определим по развернутой формуле:

$$V_{\text{прив}}^2 = \frac{n_1 Q_1 V_{1 \text{ ср}}^2 + n_2 Q_2 V_{2 \text{ ср}}^2 + n_3 Q_3 V_{3 \text{ ср}}^2 + n_4 Q_4 V_{4 \text{ ср}}^2}{n_1 Q_1 + n_2 Q_2 + n_3 Q_3 + n_4 Q_4}.$$

Подставив в эту формулу численные значения величин из табл. 3, получим:

для кривой радиусом $R = 300 \text{ м}$

$$V_{\text{прив}}^2 = \frac{8 \cdot 1100 \cdot 70^2 + 10 \cdot 750 \cdot 74^2 + 40 \cdot 3600 \cdot 63^2 + 20 \cdot 1400 \cdot 65^2}{8 \cdot 1100 + 10 \cdot 750 + 40 \cdot 3600 + 20 \cdot 1400} = 4111 \text{ км}^2/\text{ч}^2;$$

$$V_{\text{прив}} = 64,1 \text{ км/ч};$$

для кривой радиусом $R = 800 \text{ м}$

$$V_{\text{прив}}^2 = \frac{8 \cdot 1100 \cdot 72^2 + 10 \cdot 750 \cdot 76^2 + 40 \cdot 3600 \cdot 65^2 + 20 \cdot 1400 \cdot 67^2}{8 \cdot 1100 + 10 \cdot 750 + 40 \cdot 3600 + 20 \cdot 1400} = 4371 \text{ км}^2/\text{ч}^2;$$

$$V_{\text{прив}} = 66,1 \text{ км/ч}.$$

Возвышение наружного рельса:

Для кривой радиусом $R = 300$ м

$$h = 12,5 \frac{4111}{300} = 171 \text{ мм};$$

для кривой радиусом $R = 800$ м

$$h = 12,5 \frac{4371}{800} = 68 \text{ мм}.$$

По формуле (1.13) найдем h по условию обеспечения комфортабельности езды пассажиров:

$$h = 12,5 \frac{v_{\max}^2}{R} - 115;$$

для кривой радиусом $R = 300$ м

$$h = 12,5 \frac{80^2}{300} - 115 = 152 \text{ мм};$$

для кривой радиусом $R = 800$ м

$$h = 12,5 \frac{110^2}{800} - 115 = 74 \text{ мм}.$$

Окончательно примем из двух значений большее с ограничением $h = h_{\max} \leq 150$ мм и округлением с точностью до 5 мм для кривой $R = 300$ м $h = 150$ мм, а для кривой $R = 800$ м $h = 75$ мм.

Из результатов расчета видно, что в кривой радиусом 300 м требуется большее возвышение для обеспечения одинакового вертикального воздействия на наружный и внутренний рельсы, а в кривой радиусом 800 м большее возвышение требуется для обеспечения комфортабельности езды пассажиров.

В первом случае будет наблюдаться повышенный износ наружно рельса ($150 < 171$ мм), а во втором случае пассажиры будут испытывать предельно допустимое поперечное ускорение $a_{\text{пп}} = 0,7 \text{ м/с}^2$.

Исходные данные оценки возвышения наружного рельса в кривой

№	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6	Вариант 7	Вариант 8	Вариант 9	Вариант 10	Вариант 11	Вариант 12	Вариант 13
n_1	8	6	12	10	14	8	10	6	12	8	10	12	6
n_2	12	10	14	12	16	10	12	12	16	14	12	14	8
n_3	38	42	40	44	38	40	42	44	36	42	40	38	44
n_4	18	22	18	20	18	20	16	18	22	20	22	20	22
Q_1	1100												
Q_2	750												
Q_3	3600												
Q_4	1400												
Средняя скорость $V_{i\text{ ср.}}$ км/ч, движения по кривым радиуса R , м													
V_1	70	71	72	73	69	68	67	66	65	64	70	73	74
V_2	73	74	75	74	72	71	70	69	68	67	71	72	75
V_3	62	61	63	60	59	58	57	56	55	54	60	62	63
V_4	64	63	66	65	62	61	60	59	58	57	62	64	65
R	280	250	300	350	400	450	500	550	600	650	510	560	600
$V_{\text{max п}}$	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
Средняя скорость $V_{i\text{ ср.}}$ км/ч, движения по кривым радиуса R , м													
V_1	72	73	74	74	70	69	68	67	66	65	71	74	75
V_2	74	76	76	75	73	72	71	70	69	68	72	75	77
V_3	63	62	65	61	64	60	59	58	57	56	62	64	65
V_4	65	64	67	67	66	63	62	61	60	59	64	65	66
R	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
$V_{\text{max п}}$	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	190	200

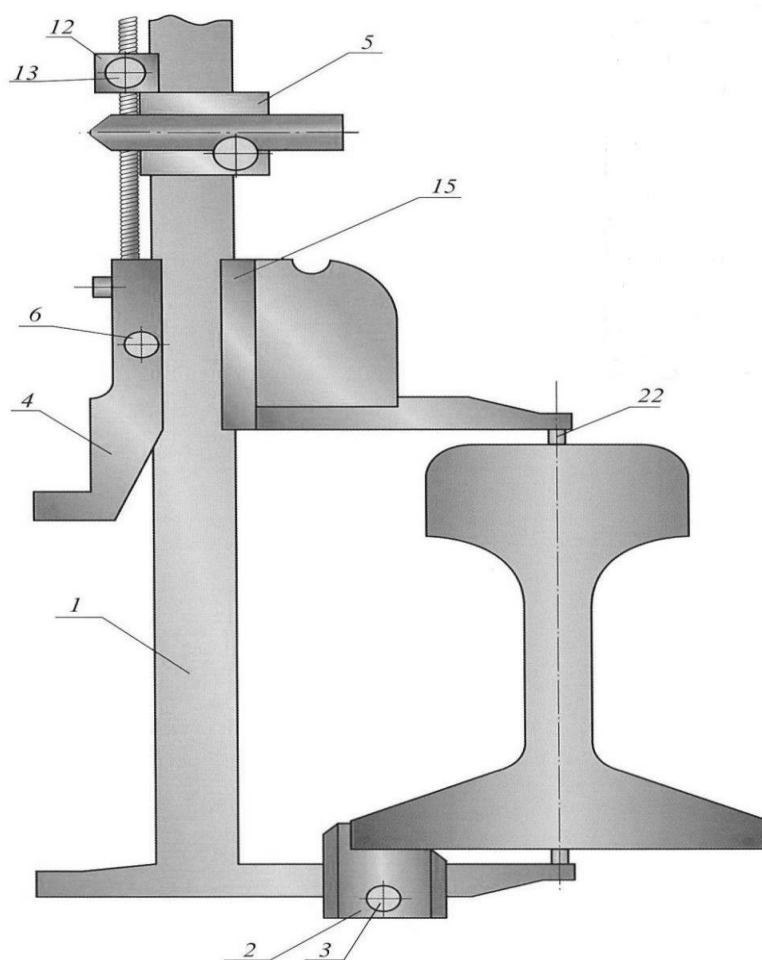
Лабораторная работа №4

Замеры и оценка вертикального и бокового износа рельсов

Цель работы: Измерить вертикальный и боковой износ старогодних рельсов.

Высоту рельса, вертикальный и боковой износы контролируют штангенциркулем ШЦ-II-250 (ГОСТ 266) с погрешностью измерения 0,05 мм. Величину вертикального и бокового износов определяют как разность номинального размера нового и старогоднего рельса. Вертикальный износ измеряется по оси симметрии рельсов, боковой на расстоянии 13 мм от поверхности катания головки рельса. Допускается использование штангенциркуля путевого ПШВ ТУ2-034-655-83.

Измерение вертикального износа головки рельса



На длинной губке 1 установите упор передвигной, совместив верхнюю кромку его со штрихом под обозначением типа измеряемого рельса. Закрепите упор 2 зажимным устройством 3.

Установите штангенциркуль на измеряемый рельс, для чего подведите рамку большую 4 до упора измерительного наконечника 22 в головку рельса и закрепите рамку 4 зажимным устройством 6.

С целью удобства снятия отсчета при замере пользуйтесь ограничителем 12, для чего закрепите его зажимным устройством 13. Поднимите рамку малую 5

рельса. Измеренная величина соответствует действительному значению износа для рельсов, установленных с подуклонкой. Для рельсов, установленных без подуклонки, измеренную величину следует уменьшить на 1 мм, при этом результат равен боковому износу рельса на уровне 16 мм от поверхности катания.

Допускаемые значения вертикального и бокового износа рельсов, принятые в различных странах, сильно различаются. большей частью для рельсов тяжелого типа допускается вертикальный износ 12-16 мм. Допускаемый боковой износ обычно задают значением угла износа, который должен быть меньше 55° (Германия) или 60° (Франция) и 64° (Великобритания). Соответствующий линейный износ для рельсов тяжелого типа примерно 13-16 мм.

Для рельсов среднего типа допускаемые значения вертикального и бокового износа обычно на $1/4-1/3$ меньше, чем для рельсов тяжелого типа (при равных углах износа).

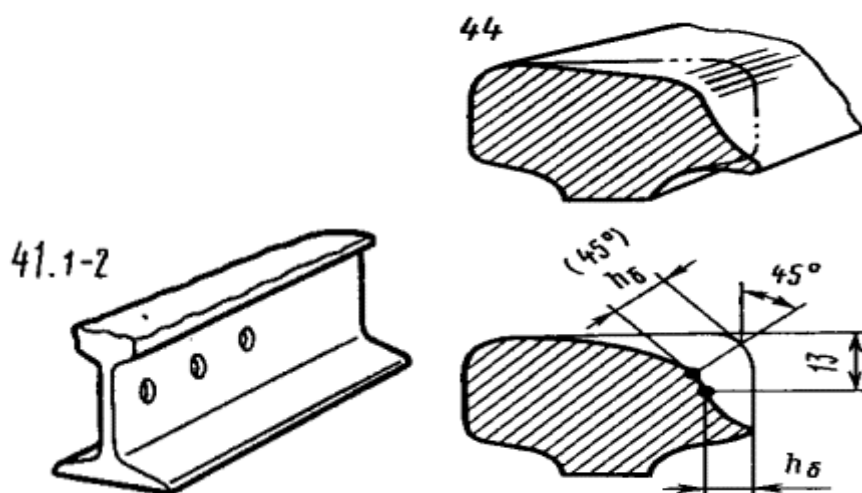


Рис. 5. Классификация дефектов рельсов НТД/ЦП-1-9340: 41.1-2 – смятие и вертикальный износ головки; 44 – боковой износ головки рельсов сверх допустимых норм

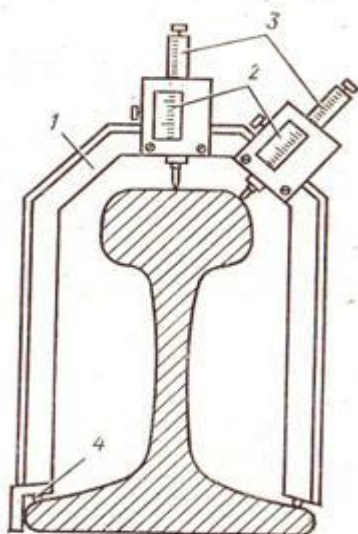
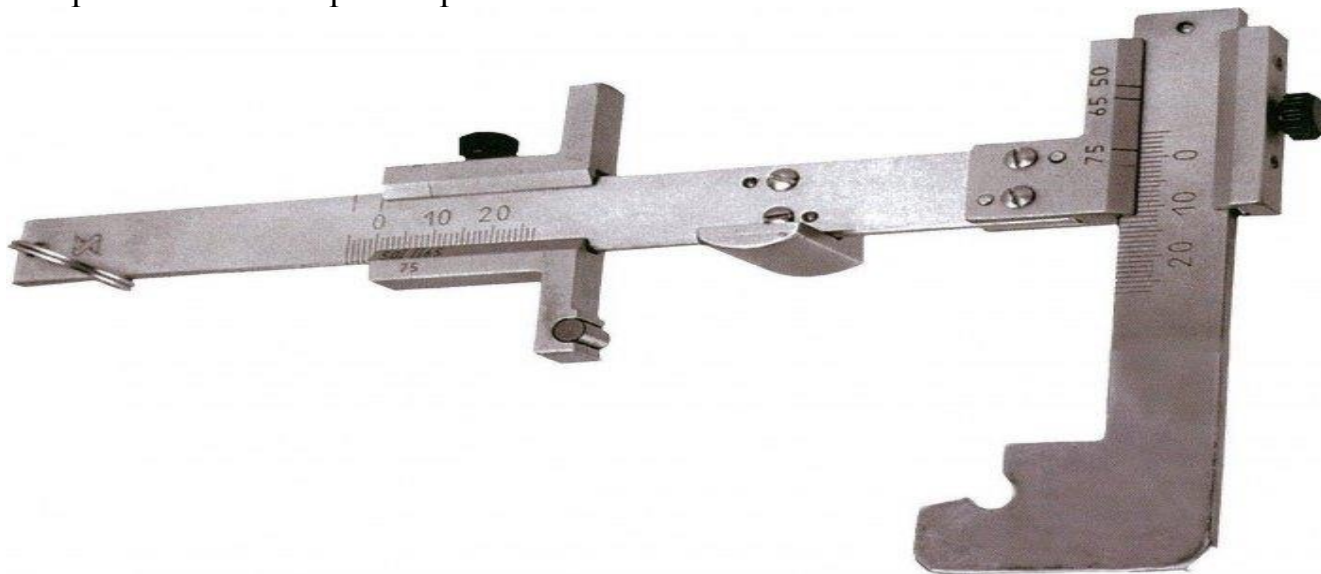


Рис. 6. Прибор для измерения износа рельсов конструкции ЦНИИ МПС в Москве: 1-рама; 2-нониус, жестко закрепленный на раме; 3-линейки со шкалой; 4-два шарика с шагом 37 мм.

Скоба модели 08601 для измерений износа головки рельса предназначена для измерений бокового и вертикального износа рельсов типов Р50, Р65 и Р75, а также для контроля максимально допустимого наплыва металла с поверхности катания головки рельса на его боковую грань. Скоба используется при техническом обслуживании железнодорожных путей, а также может применяться на промышленном транспорте.



Технические характеристики

Диапазон измерений вертикального износа, мм 0-25

Диапазон измерений бокового износа, мм 0-25

Цена деления шкал, мм 1

Погрешность скобы, мм, не более ± 1

Габаритные размеры, мм 330x200x50

Масса, кг 1,5

Таблица 4 – Основные геометрические размеры рельсов

Показатель	Тип рельса		
	Р75	Р65	Р50
Площадь поперечного сечения, см ²	95,06	82,56	65,93
Масса рельса длиной 1м, кг	74,41	64,72	51,67
Масса рельса длиной 25м с отверстиями на концах, кг	1859,38	1616,0	1280,0
Высота, мм			
общая Н	192	180	152
головки	55	45	42
шейки	105	105	83
подошвы	32	30	27
Ширина головки поверху на уровне 13мм от поверхности катания В1, мм	72	71	70
Ширина подошвы В, мм	150	150	132

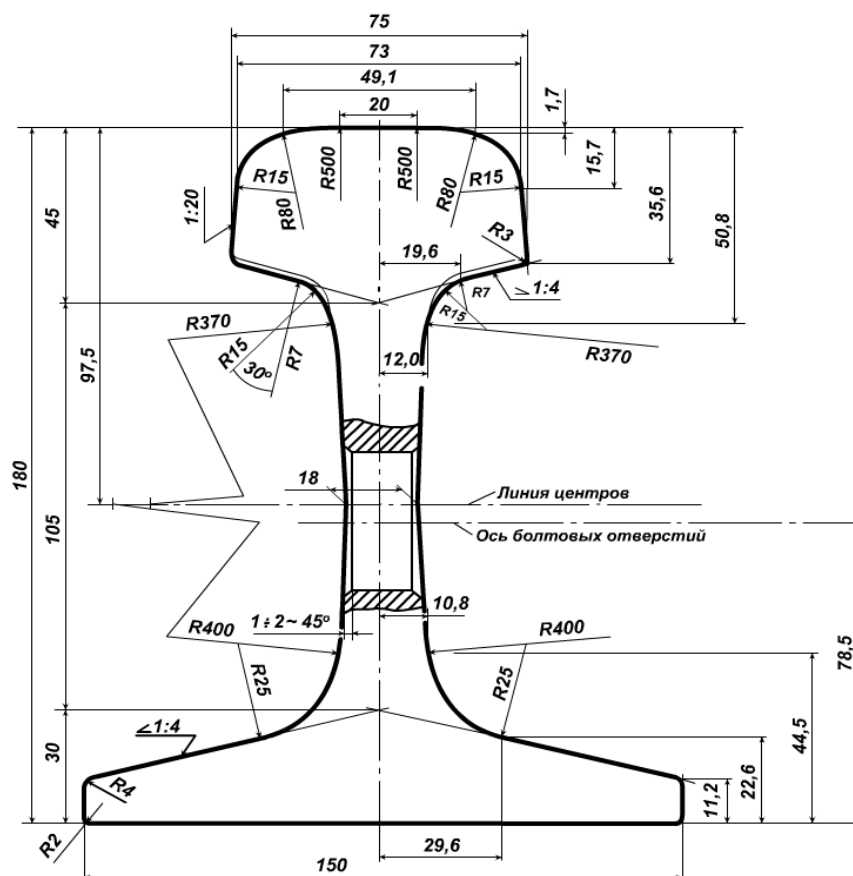


Таблица 5 – Признаки, определяющие группу годности старогодных рельсов

Наименование показателей	Величина показателей для рельсов типов и групп годности									
	P75, P65					P50			P43	
	I-A	I	II	III	III-T	I	II	III	II	III
Наработка тоннажа, млн.т брутто	до 300	от 300 до T_n	до 20% сверх T_n	до 50% сверх T_n	более 50% сверх T_n	до 300	до 450	до 600	до 200	до 400
Износ головки, мм, не более:										
	приведенный	6	9	12	15	8	11	14	11	13
	горизонтальный	6	6	8	10	6	8	10	6	8
вертикальный	3	6	8	10	10	5	7	9	8	9

Нижняя грань головки сопрягается с шейкой рельса двумя радиусами – верхним 5 мм у рельсов P50 и 7 мм у рельсов P65 и P75 и нижним соответственно

12,15 и 17 мм, с тем, чтобы местные подголовочные напряжения (при переходе от широкой головки к тонкой шейке) были, возможно, меньшими. Боковые грани шейки рельсов Р50, Р65 и Р75 имеют криволинейное очертание по радиусам соответственно 350, 400 и 450 мм. Шейка с подошвой сопрягается по радиусу большему, чем с головкой (20 мм у рельсов Р50 и 25 мм у Р75 и Р65).

Основным отличием профилей рельса Р75 от прежних является то, что размеры его стыковой пазухи и ширина подошвы – такие же, как у Р65. Это позволяет иметь одинаковые стыковые и промежуточные скрепления для рельсов обоих типов.

Лабораторная работа №5

Замеры и оценка параметров обыкновенного стрелочного перевода

Цель работы:

1. Ознакомиться с устройством и содержанием стрелочного перевода.
2. Описать технические характеристики металлических частей и параметры обыкновенного стрелочного перевода.
3. Ознакомиться с конструкцией стрелочного перевода.

1. Устройство обыкновенного стрелочного перевода

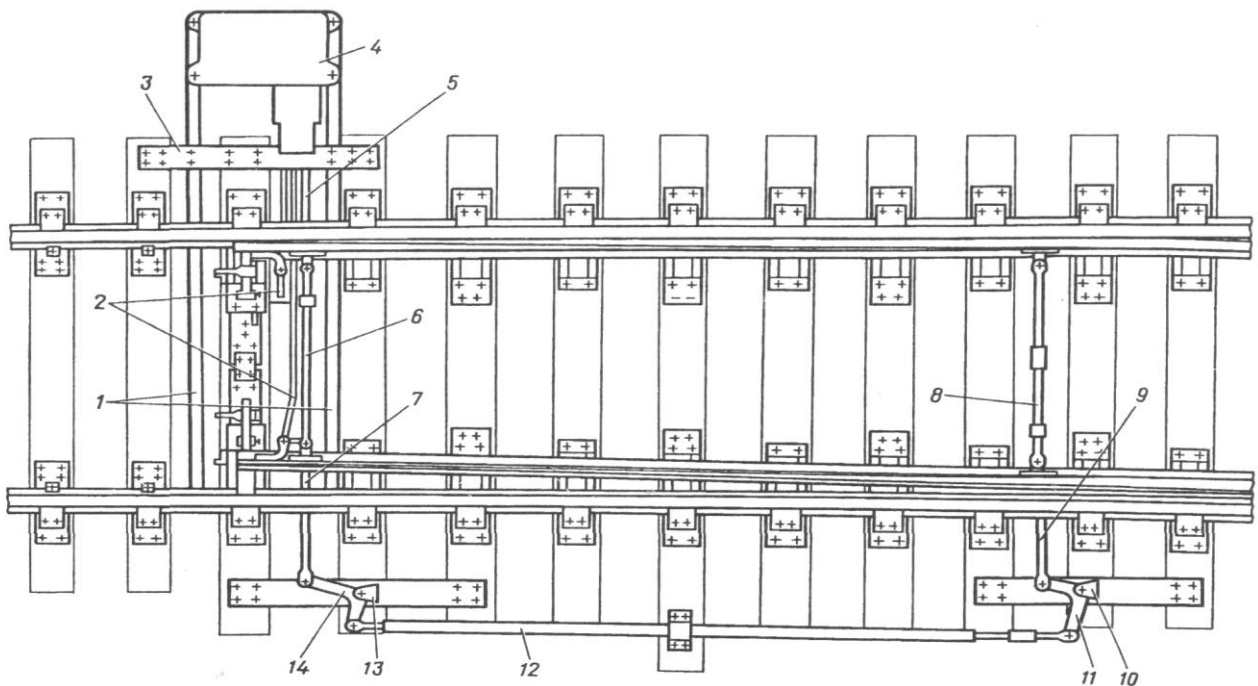


Рис.7. Переводное устройство и гарнитура на стрелках с гибкими острьяками:

1 – фундаментные угольники; 2 – контрольные тяги; 3 – связная полоса гарнитуры; 4 – стрелочный электропривод; 5 – рабочая тяга, соединяющая первую межостряковую тягу с шибером электропривода; 6 – первая межостряковая (рабочая) тяга; 7 – тяга, соединяющая первую межостряковую тягу с рычагом первой станины; 8 – вторая межостряковая (рабочая) тяга; 9 – тяга, соединяющая вторую межостряковую тягу с рычагом второй станины; 10 – вторая станина; 11 – рычаг второй станины; 12 – продольная тяга; 13 – первая станина; 14 – рычаг первой станины.

2. Конструкция стрелочного перевода

Для перехода подвижного состава с одного пути на другой служат устройства по соединению и пересечению путей, относящиеся к верхнему строению. Соединение путей между собой осуществляется стрелочными переводами, а пересечение путей – глухими пересечениями. С применением

стрелочных переводов и глухих пересечений устраивают соединения путей, называемые стрелочными улицами и съездами.

В зависимости от назначения и условий соединения путей между собой стрелочные переводы подразделяют на одиночные, двойные и перекрестные. Одиночные переводы делятся на обыкновенные, симметричные и несимметричные.



Рис. 8. Схема обыкновенного стрелочного перевода:

1 – переводной механизм; 2, 4 – рамный рельс; 3 – остряки; 5, 8 – контрольные рельсы; 6 – усовик; 7 – сердечник крестовины; 9 – переводные брусья.

Обыкновенный стрелочный перевод (рис. 8) служит для соединения двух путей. Он может быть право- или левосторонним и применяется при отклонении бокового пути от прямого в ту или другую сторону. Этот вид переводов имеет наибольшее распространение. В состав стрелочного перевода входят собственно стрелка, крестовина с контрольными рельсами, соединительная часть между ними и переводные брусья.

Стрелка состоит из двух рамных рельсов, двух острьяков, предназначенных для направления подвижного состава на прямой или боковой путь, и переводного механизма.

Остряки соединяются между собой поперечными стрелочными тягами, с помощью которых один из острьяков плотно подводится к рамному рельсу, а другой отходит от другого рамного рельса на величину, необходимую для свободного прохода гребней колес. Величина отхода этого остряка от оси первой тяги называется шагом остряка.

Перевод остряков из одного положения в другое осуществляется специальными стрелочными приводами через одну из тяг; в пологих стрелочных переводах, остряки которых имеют значительную длину, – через две тяги. В приводе имеется устройство, запирающее остряки в том или ином положении и контролирующее их плотное прилегание к рамным рельсам. Тонкая часть остряка называется острием, а другой его конец – корнем. Корневое крепление обеспечивает поворот остряков в горизонтальной плоскости и соединение с примыкающими к ним рельсами.

Крестовина (рис. 8) состоит из сердечника и двух усювиков. Она обеспечивает пересечение гребнем колес рельсовых головок, а контррельсы направляют гребни колес в соответствующие желоба при проходе колесной пары по крестовине. Точка пересечения продолжения рабочих граней сердечника крестовины называется ее математическим центром, а самое узкое место между усювиками – горлом крестовины. Угол α , образуемый рабочими гранями сердечника, называется углом крестовины.

Соединительная часть перевода, лежащая между стрелкой и крестовиной, состоит из прямого участка и переводной кривой. Радиус этой кривой зависит от угла крестовины: чем меньше угол, тем больше радиус. Переводы с меньшими углами крестовин допускают большие скорости движения поездов. Стрелочные переводы крепятся с помощью специальных башмаков, подкладок, шурупов и костылей к переводным брусам или железобетонным плитам, которые укладываются на балластную призму.

3. Содержание обыкновенного стрелочного перевода

Исправное состояние стрелочных переводов определяется отсутствием недопустимых повреждений и отклонений от норм содержания.

Запрещается эксплуатировать стрелочные переводы и глухие пересечения, у которых допущена хотя бы одна из следующих неисправностей:

- разъединение стрелочных острияков и подвижных сердечников крестовин с тягами;

- отставание острияка от рамного рельса, подвижного сердечника крестовины от усювика на 4 мм и более, измеряемое у острияка и сердечника тупой крестовины против первой тяги, у сердечника острой крестовины – в острие сердечника;

- выкрашивание острияка или подвижного сердечника, при котором создается опасность набегания гребня колеса, и во всех случаях выкрашивание длиной:

 - На главных путях 200 мм и более

 - На приемо-отправочных путях 300 мм

 - На прочих станционных путях 400 мм

- понижение острияка против рамного рельса и подвижного сердечника против усювика на 2 мм и более, измеряемое в сечении с шириной головки острияка или подвижного сердечника поверху 50мм и более;

- расстояние между рабочей гранью сердечника крестовины и рабочей гранью головки контррельса менее 1474мм;

- расстояние между рабочими гранями головки контррельса и усювика более 1435 мм;

 - излом острияка или рамного рельса;

 - излом крестовины (сердечника, усювика или контррельса);

 - разрыв одного контррельсового болта.

Места контрольных измерений ширины колеи на стрелочных переводах, желобов на стрелке и у контррельсов показаны на рис. 9.

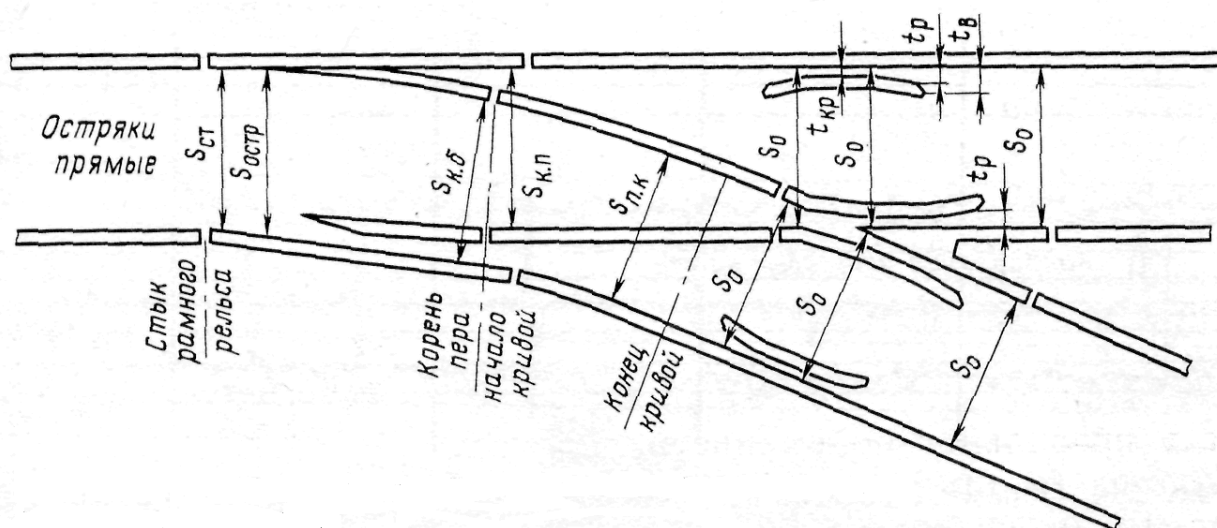


Рис. 9. Места контрольных измерений ширины колеи на стрелочном переводе

Расстояние между рабочими гранями контррельса и сердечника крестовины (см. рис. 9) лимитировано для предотвращения удара в сердечник гребня колеса колесной пары с широкой насадкой (1443 мм), а между рабочими гранями контррельса и усовика, чтобы предотвратить сдвиг колес на осях и разрыв контррельсовых и крестовинных болтов. Рекомендуется проверять ширину колеи в середине острияков и при сбитом направлении (рихтовке) на рельсах соединительной части стрелочного перевода.

Допускаемые отклонения во взаимном положении металлических частей стрелочных переводов по уровню + 5 мм с отводом этих отклонений: на стрелочных переводах, лежащих на главных путях, не более 0,001; на переводах, по которым осуществляется движение по прямому направлению со скоростью более 140 км/ч – 0,00067; на переводах станционных и подъездных путей – до 0,003.

Подуклонка 1/20 устраивается только на стрелочных переводах Р65 с маркой крестовины 1/11 для скоростного движения.

На линиях с высокой грузонапряженностью металлические части стрелочных переводов подвергаются интенсивному боковому и вертикальному износу. Измерение их осуществляется обыкновенными металлическими линейками с миллиметровыми делениями или штангенциркулем «Путеец» (рис. 10). Боковой износ рамных рельсов обычно проверяют перед началом острияков и в сечении острияка толщиной 20 мм; здесь же измеряют и износ острияка.

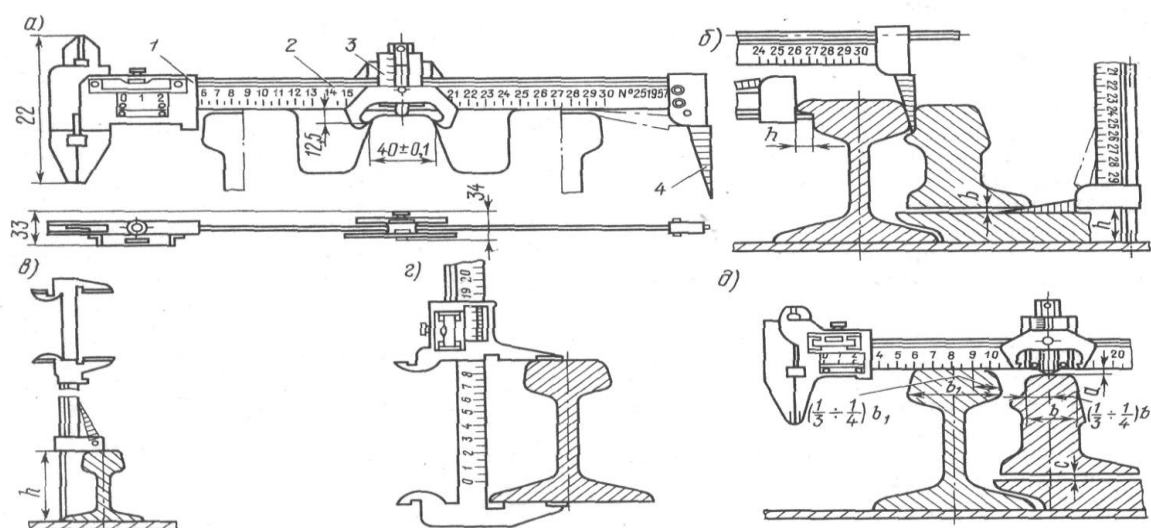


Рис. 10. Штангенциркуль «Путеец» и его применение:

а – общий вид и измерение износа сердечника; б – измерение зазора между подошвы остряка и подушкой, между рамным рельсом и остряком и наплыва у головки рельса; в – измерение высоты рамного рельса на лафетной стрелке; г – измерение высоты рельса; д – измерение понижения остряка; 1 – подвижная рамка; 2 – штанга; 3 – измерительный движок; 4 – зазорник

Остряки должны плотно опираться на металлические подушки. Допускается зазор между поверхностью подушки и подошвой остряка не более 1 мм при условии, когда понижение загруженного остряка против рамного рельса (за пределами сторожки) – 2 мм. Между упорными накладками или болтами и шейкой остряка допускается зазор не более 1 мм для стрелочных переводов, лежащих на главных путях, и не более 2 мм на прямо-отправочных и прочих путях.

При содержании стрелочных переводов с крестовинами с подвижными сердечниками следует обращать особое внимание на предупреждение угона всего перевода и закрестовинных участков.

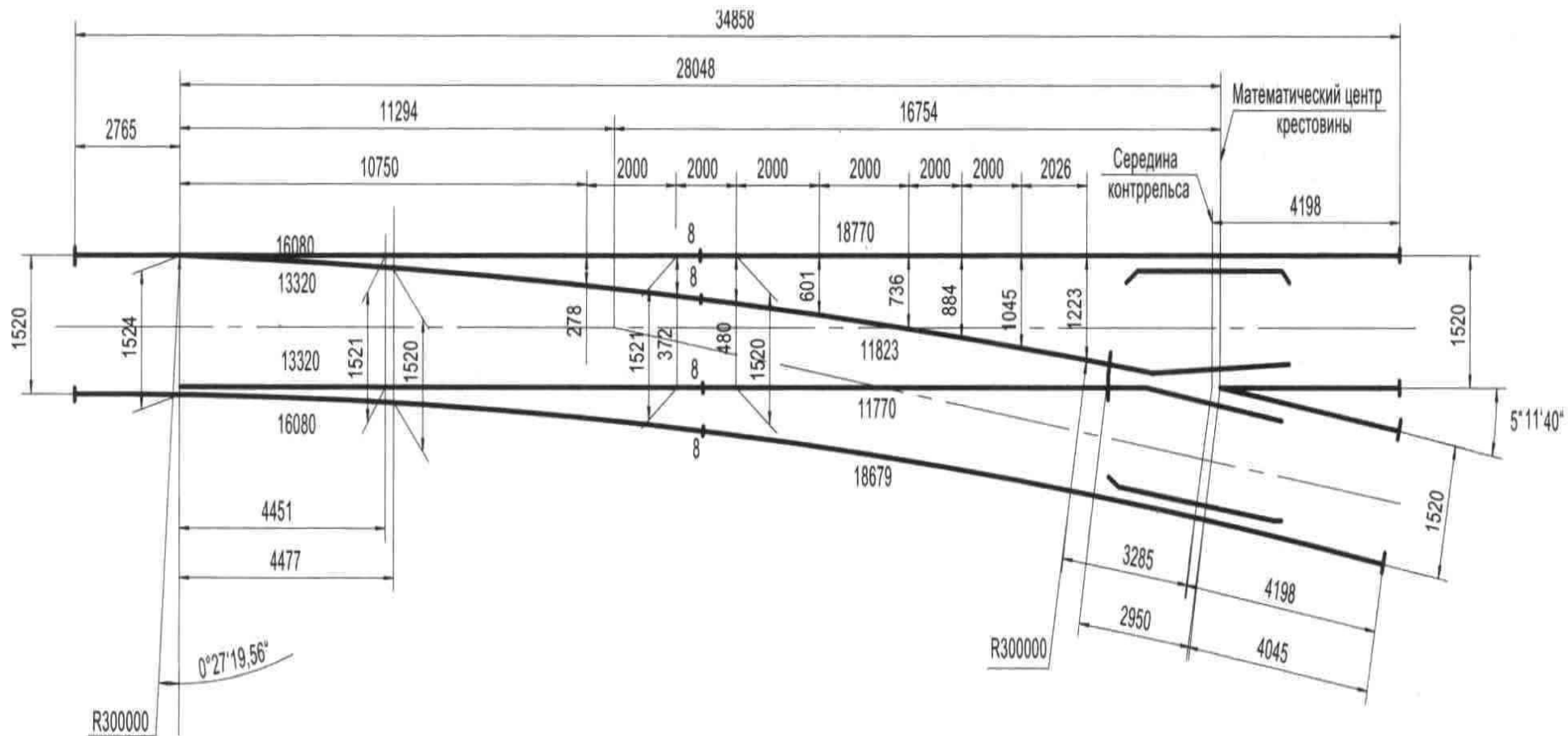


Рис. 11. Схема разбивки стрелочного перевода типа Р65 марки 1/11 на железобетонных брусках. Проект 2750

Лабораторная работа № 6

Оценка засоренности и загрязненности балластного материала

Цель работы: Определить засоренность балластного материала земляного полотна.

Загрязненность балластного слоя характеризуется двумя показателями:

- 1) количеством накопившихся в балластном слое засорителей и загрязнителей в процентах по отношению к его объему;
- 2) количеством выплесков, т. е. количеством шпал в процентах на 1 км пути, где балласт потерял фильтрационную способность и устойчивость.

Засорение и загрязнение щебня происходит по двум причинам:

- 1) в результате истирания (износа) щебня в процессе работы его в пути под поездной нагрузкой, а также при уплотнении пути подбивкой;
- 2) в результате засорения и загрязнения щебня частицами перевозимых грузов, пылью, приносимой ветром и водой.

Объемный вес засорителя и загрязнителя в этом случае отличается от объемного веса щебня. Засорение и загрязнение щебня реализуется за счет постепенного заполнения перового пространства.

Для щебеночного балласта засорителями считаются фракции от 0,1 мм до 25 мм, а загрязнителями – фракции менее 0,1 мм, угольные, глинистые и другие примеси. При этом загрязнители наиболее резко снижают несущую способность и сопротивляемость сдвигу балластной призмы, вызывая расстройство пути. По этой причине установлены различные нормы максимально допустимого засорения щебеночного балласта – 35% (от объема пор), а загрязнения – 15%.

Очевидно, что аккумулятивная способность балластного слоя по накоплению засорителей может быть меньше или (в предельном случае) равна его пустотности, т. е. объему пор в слое, составляющей по данным экспериментов 39–40% (уплотненный без дробления щебень) и 33–34% (с 2%-ным дроблением). Поэтому объемное максимально допустимое засорение принято 35%.

Если загрязнителями являются легкоподвижные, мелкосыпучие материалы (угольная и рудная пыль, металлические опилки тормозных колодок), то они просыпаются в поры нижних слоев балластной призмы и к моменту загрязнения щебня в шпальных ящиках в верхних слоях вся призма оказывается, засорена полностью.

Если основным засорителем является торф (более крупные и менее сыпучие частицы), то засорители заполняют поры верхних слоев (до 10 см ниже подошвы шпал), оставляя засорение нижележащих слоев меньше допустимого.

Фактическая загрязненность балластной призмы определяется следующим упрощенным методом:

- 1) на каждом перегоне выбираются для обследования по 2 – 3 км, на которых отбирают не менее трех проб на наиболее загрязненных пикетах;
- 2) пробы щебня в состоянии естественной влажности отбирают в шпальных ящиках от концов шпал до рельсов, на глубину до балластной подушки;
- 3) определяется общая масса пробы (P_0), включающая массу щебня ($P_{щ}$) и засорителей ($P_з$),

$$P_0 = P_{щ} + P_з, \quad (1.17)$$

где $P_з$ – масса части пробы, прошедшей через сито с отверстиями 25 мм;

- 4) определяется весовая загрязненность щебеночного слоя ($C_{зп}$, %) как отношение

$$C_{зп} = \frac{P_з}{P_0} = \frac{P_з}{P_{щ} + P_з} \cdot 100. \quad (1.18)$$

- 5) определяется средний процент загрязнения по километру, затем – по перегону и заносится в технический паспорт дистанции пути.

Следует учитывать, что нормируется объемная концентрация засорителей и загрязнителей, а на практике определяется весовое содержание засорителей (см. формулу 1.17). Взаимосвязь между этими показателями при различных соотношениях объемных весов щебня ($\gamma_{щ}$) и засорителей ($\gamma_з$) имеет вид

$$C_{зп} = \frac{C_з}{C_з + \gamma_{щ}/\gamma_з} \cdot 100, \quad (1.19)$$

где $C_з$ — объемное содержание засорителей (принимается в долях единицы).

Результаты расчетов по формуле (1.19) приведены для наглядности в табл.

6.

Таблица 6 – Взаимосвязь между весовым и объемным содержанием засорителей в щебне

Соотношение объемных весов щебня и заполнителя	Весовое содержание засорителей при их объемном содержании, доли единицы		
	0,15	0,25	0,35
0,8	16	23	30
1,0	13	20	26
1,2	11	17	23
1,4	10	15	20

В приближенных расчетах период засорения балластного слоя (T , млн. т брутто) может быть определен по формуле

$$T = \frac{C_{зп}}{C_0} \cdot K_6, \quad (1.20)$$

где $C_{зп}$ – загрязнение, % ($C_{зп} = 35$ %);

C_0 – удельная весовая интенсивность засорения, %, приходящаяся на 1 млн. т брутто пропущенного груза, определяется из экспериментальных данных по сети железных дорог (табл. 7);

K_6 – коэффициент, учитывающий влияние конструкции верхнего строения пути.

Таблица 7 – Удельная интенсивность засорения (по весу) щебеночного балласта $C_0, \%$ на 1 млн. т брутто (путь звеньевой, рельсы Р65 длиной 25 м. шпалы деревянные)

Прочность щебня (марка)	Глубина слоя от подошвы шпал h , см		
	10	20	25
Твердые породы (И20)	0,24	0,14	0,12
Породы средней твердости (И40)	0,42	0,23	0,19

Так, уменьшение количества рельсовых стыков – фактор благоприятный. В то же время железобетонные шпалы (бесстыковой путь) по сравнению с деревянными (звеньевой путь) значительно ускоряют износ и измельчение щебня. Поэтому $K_6 = 1,0$ для звеньевого пути на деревянных шпалах и $K_6 = 0,92$ для бесстыкового пути на железобетонных шпалах (в среднем).

Результаты конкретного расчета периода засорения щебеночного балласта (см. формулу 1.20) полезно сопоставить со среднесетевыми нормами периодичности очистки щебня, приведенными для звеньевого пути различных категорий в зависимости от толщины слоя очищенного щебня (табл. 8).

Таблица 8 – Среднесетевые нормы периодичности очистки щебня твердых пород марки И20 для звеньевого пути, млн. т брутто

Толщина слоя очищенного щебня, см	Категории путей						
	Скорость грузовых поездов, км/ч						
	20	30	>40	>50	>60	>70	>80
10	210	180	170	160	150	140	130
20	—	310	290	270	250	230	210
30	—	410	380	350	330	310	280
40	—	490	450	420	390	360	330
50	—	540	500	470	430	410	370

Для перехода к нормам для бесстыкового пути можно воспользоваться коэффициентом $K_6 = 0,92$ (см. формулу 1.20). По мере роста скоростей движения и осевых нагрузок межремонтные сроки очистки щебня уменьшаются.

Наряду с нормативным допуском засорения (35% по объему) или загрязнением щебня (15% по объему) в качестве второго основного критерия назначения среднего ремонта путей 1–4-го классов принимают количество шпал с выплесками на 1 км, которые не устранены при текущем содержании пути.

На участках пути с неустойчивой основной площадкой земляного полотна при недостаточной толщине балластной подушки, а также при проникновении мелких частиц в нижние слои щебеночного балласта с образованием выплесков

производят усиление балластной призмы либо с помощью широко применяемого геотекстиля (один - два слоя по всей ширине подошвы балластной призмы, либо с помощью прослойки из пенополистирольных плит.

Такие плиты (с пределом прочности 0,4 МПа, толщиной 40–50 мм) укладывают также при толщине балластного слоя менее нормативной в стесненных условиях (высокие пассажирские платформы, устои мостов и т. п.) и для ликвидации пучин. Минимальная толщина балластного слоя – 30 см от подошвы шпал до верха плитной прослойки. Она должна укладываться на спланированную и уплотненную поверхность старого балласта с уклоном 0,04 в полевую сторону симметрично оси пути.

Библиографический список

1. Виноградов, В.В. Расчеты и проектирование железнодорожного пути: учеб. пособие для студентов вузов ж.д. транспорта / В.В. Виноградов, А.М. Никонов, Т. Г. Яковлева и др.; Под редакцией В.В. Виноградов, А.М. Никонов. – М.:Маршрут, 2003. – С.486.
2. Грицык, В.И. Проектирование пойменной насыпи и оздоровления выемки: учеб. пособие / В.И. Грицык. – Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2003. – С.64.
3. Грицык, В. И. Расчеты земляного полотна железных дорог: учеб. пособие для вузов ж.д. транспорта / В.И. Грицык. – М.: УМК МПС, 1998. – С.520.
4. Яковлева, Т.Г. Железнодорожный путь / Т. Г. Яковлева, Н. И. Карпущенко, Н. Н. Путря и др. – М.: Транспорт, 1999. – С.405.
5. Яковлева, Т.Г. Основы устройства и расчетов железнодорожного пути / Т. Г. Яковлева, В. Я. Шульга, С. В. Амелин и др. – М.: Транспорт, 1990.

Учебное издание

Залавский Николай Иванович
Корниенко Елена Владимировна
Карпачевский Вячеслав Вадимович

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ

Печатается в авторской редакции
Технический редактор Т.М. Чеснокова

Подписано в печать 30.12.15. Формат 60×84/16.
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,32.
Тираж экз. Изд. № 50218. Заказ .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка
Народного Ополчения, д. 2.