

**ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**

ОПЖД

Задание на контрольную работу составлено в 50 вариантах. Номер варианта определяется по последним двум цифрам шифра обучающегося.

Таблица 1 – Таблица выбора заданий

Две последние цифры шифра	Номер варианта	Номера вопросов	Две последние цифры шифра	Номер варианта	Номера вопросов
01, 51	1	1,26,61	26, 76	26	25,26,65
02, 52	2	2,27,60	27, 77	27	24,27,66
03, 53	3	3,28,59	28, 78	28	23,28,67
04, 54	4	4,29,58	29, 79	29	22,29,68
05, 55	5	5,30,57	30, 80	30	21,30,69
06, 56	6	6,31,56	31, 81	31	20,31,70
07, 57	7	7,32,55	32, 82	32	19,32,71
08, 58	8	8,33,54	33, 83	33	18,33,72
09, 59	9	9,34,53	34, 84	34	17,34,73
10, 60	10	10,35,52	35, 85	35	16,35,74
11, 61	11	11,36,51	36, 86	36	15,36,75
12, 62	12	12,37,52	37, 87	37	14,37,75
13, 63	13	13,38,53	38, 88	38	13,38,74
14, 64	14	14,39,53	39, 89	39	12,39,73
15, 65	15	15,40,54	40, 90	40	11,40,72
16, 66	16	16,41,55	41, 91	41	10,41,71
17, 67	17	17,42,56	42, 92	42	9,42,70
18, 68	18	18,43,57	43, 93	43	8,43,69
19, 69	19	19,44,58	44, 94	44	7,44,68
20, 70	20	20,45,59	45, 95	45	6,45,67
21, 71	21	21,46,60	46, 96	46	5,46,66
22, 72	22	22,47,61	47, 97	47	4,47,65
23, 73	23	23,48,62	48, 98	48	3,48,64
24, 74	24	24,49,63	49, 99	49	2,49,63
25, 75	25	25,50,64	50, 100	50	1,50,62

Задачи № 1-25

1. Определите удельные силы сопротивления движению поезда.
2. Определите массу поезда.
3. Произведите проверку расчётной массы поезда по условию трогания с места на раздельном пункте, расположенном на прямой и горизонтальной площадке.
4. Определите количество вагонов в составе и длину поезда.
5. Определите тормозной коэффициент для данного поезда.

Исходные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные

№ задачи	Серия локомотива	Руководящий уклон, ‰	Соотношение вагонов по количеству γ , %		
			количество осей		
			4	6	8
1	ВЛ 10	8	55	28	17
2	ВЛ 11	13	59	25	16
3	ВЛ11(3секции)	11	58	27	15
4	ВЛ10У	9	68	18	14
5	ВЛ80 ^к	11	60	27	13
6	ВЛ80 ^с	12	53	30	17
7	ВЛ80 ^с (3секции)	10	55	29	16
8	2ТЭ10М	12	57	30	13
9	3ТЭ10М	8	53	32	15
10	2ТЭ116	11	55	31	14
11	ВЛ 10	10	59	28	13
12	ВЛ 11	12	57	32	11
13	ВЛ11(3секции)	10	54	28	18
14	ВЛ10У	12	50	30	20
15	ВЛ80 ^к	11	65	25	10
16	ВЛ80 ^с	8	53	31	16
17	ВЛ80 ^с (3секции)	10	55	30	15
18	2ТЭ10М	8	60	28	12
19	3ТЭ10М	10	67	22	11
20	2ТЭ116	9	66	21	13
21	ВЛ 10	7	60	22	18
22	ВЛ 11	11	60	23	17
23	ВЛ11(3секции)	9	65	23	12
24	ВЛ10У	14	60	25	15
25	ВЛ80 ^к	8	70	20	10

Примечание: для всех вариантов принять:

- а. все вагоны тормозные, груженые, на роликовых подшипниках;
- б. грузовые вагоны имеют:
 - грузоподъемность: 4^{ex} осные - 60т; 6^{ти} осные – 100т; 8^{ми} осные – 120 т;
 - вес тары: 4^{ex} осные - 22т; 6^{ти} осные – 43 т; 8^{ми} осные – 51 т.
 - длина вагона: 4^{ex} осные - 14м; 6^{ти} осные – 17 м; 8^{ми} осные – 20м;
 - коэффициент полнозагруженности вагона – 0,8;
- в. движение поезда по бесстыковому железнодорожному пути;
- г. все остальные справочные и нормативные величины приведены в методических указаниях к контрольной работе.

Задачи № 26-50

Определите расстояние между вершинами углов поворота смежных кривых и вычертите на миллиметровой бумаге в масштабе 1:5000 план трассы железной дороги, указав на нём все элементы кривых и плана. Исходные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные

Номер задачи		1-я кривая		2-я кривая	
Смежные кривые в одну сторону	Смежные кривые в разные стороны	Угол поворота, градус	Радиус, метр	Угол поворота, градус	Радиус, метр
	26	25	1000	15	800
27		20	1200	30	700
	28	25	1200	27	600
29		30	800	30	1200
	30	28	700	18	1500
31		35	600	18	1800
	32	15	1800	33	1000
33		20	1500	31	1200
	34	25	1500	33	600
35		30	1000	35	700
	36	35	800	20	1800
37		31	700	22	1500
	38	25	800	32	800
39		35	600	28	1200
	40	26	700	29	800
41		32	800	32	600
	42	38	1000	28	800
43		26	1200	32	800
	44	27	1500	36	1000
45		24	1800	33	700
	46	32	600	31	1500
47		24	700	34	1000
	48	33	800	28	1200
49		27	1000	33	1200
	50	24	1200	26	1800

Примечания:

1. категория железной дороги – третья;
2. кривые расположены в третьей зоне скоростей;
3. длины переходных кривых подбираются согласно СНиП (см.методические указания к контрольной работе).

Задачи № 51-75

Определите минимальное допустимое расстояние x от начала и конца круговой кривой (НKK и КKK) до перелома профиля. Вычертите по своим исходным и расчётным данным поясняющую схему взаимного расположения элементов плана и продольного профиля. Исходные данные приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные

Номер задачи	Уклоны, ‰			Номер задачи	Уклоны, ‰		
	i_1	i_2	i_3		i_1	i_2	i_3
51	-5	+4	0	64	+3	0	-6
52	-6	0	+2	65	+9	+6	-3
53	+4	-8	-3	66	-6	-10	-15
54	0	+3	-11	67	+4	0	-6
55	-5	-8	+2	68	0	+6	+10
56	+3	0	-6	69	-10	-5	-2
57	+9	-5	0	70	+12	-6	-5
58	-6	-2	+3	71	+3	-2	-8
59	+8	0	-6	72	-4	+2	+7
60	+4	+10	+2	73	+3	-3	-7
61	-8	-4	+2	74	-6	+2	-6
62	+4	-2	-7	75	+4	0	-4
63	+5	+6	-9				

Примечания:

1. категория железной дороги – вторая;
2. длина переходной кривой по наименьшему радиусу из задач № 26-50.

Методические указания по выполнению

Задачи № 1-25

Прежде чем приступить к решению задач, необходимо изучить по учебнику [5, с. 29-60] раздел «Тяговые расчёты».

1.1 Основное удельное сопротивление движению локомотива (электровоза и тепловоза): в режиме тяги определяется по формуле:

$$w_o' = 1,9 + 0,008v + 0,00025 v^2, \text{ Н/кН} \quad (1)$$

где v – расчётная скорость локомотива, км/ч (табл.8).

Таблица 8 – Общие характеристики локомотивов

Серия локомотива	Число секций	Кол-во тормозных осей, т.	Масса Р, т.	Длина $\ell_{\text{лок}}$, м	Расчётная скорость v , км/ч	Расчётная сила тяги $F_{\text{кр}}$, Н	Сила тяги при трогании с места $F_{\text{к.тр}}$, Н
ВЛ 10	2	8	184	33	46,7	451260	614110
ВЛ 11	2	8	184	33	46,7	451260	614110
ВЛ 11	3	12	276	50	46,7	676890	921160
ВЛ 10 ^у	2	8	200	33	45,8	492460	667080
ВЛ 80 ^к	2	8	184	33	44,2	480690	649422
ВЛ 80 ^с	2	8	190	33	43,5	502270	649422
ВЛ 80 ^с	3	12	285	50	43,5	753400	974130
ВЛ 82	2	8	190	33	51,0	464990	640593
2ТЭ10М	2	12	276	34	23,4	496390	797550
3ТЭ10М	3	18	414	51	23,4	744580	941760
2ТЭ116	2	12	276	36	24,2	496390	797550

1.2 Основное удельное сопротивление движению вагонного состава

1.2.1 Масса брутто вагона, соответственно 4- осного, 6-осного и 8-осного определяется по формуле:

$$q_{\text{бр.4,6,8}} = q_{\text{т.}} + \beta \cdot q_{\text{гр.}}, \text{ т.} \quad (2)$$

где $q_{\text{т.}}$ – вес тары вагона, т.;

β – коэффициент полнозагруженности;

$q_{\text{гр.}}$ – грузоподъёмность грузового вагона, т.

1.2.2 Масса, приходящаяся на ось вагона, определяется по формуле:

$$q_{\text{о 4,6,8}} = \frac{q_{\text{бр.}}}{n}, \text{ т / ось} \quad (3)$$

где n – количество осей вагона.

1.2.3 Масса вагонов разных категорий в составе, в долях единицы определяется по формуле:

$$\alpha_4 = \frac{\gamma_4 \cdot q_{бр.4}}{\gamma_4 \cdot q_{бр.4} + \gamma_6 \cdot q_{бр.6} + \gamma_8 \cdot q_{бр.8}} \quad (4)$$

$$\alpha_6 = \frac{\gamma_6 \cdot q_{бр.6}}{\gamma_4 \cdot q_{бр.4} + \gamma_6 \cdot q_{бр.6} + \gamma_8 \cdot q_{бр.8}} \quad (5)$$

$$\alpha_8 = \frac{\gamma_8 \cdot q_{бр.8}}{\gamma_4 \cdot q_{бр.4} + \gamma_6 \cdot q_{бр.6} + \gamma_8 \cdot q_{бр.8}} \quad (6)$$

где γ – соотношение вагонов по количеству, %.

Проверка правильности вычислений: $\alpha_4 + \alpha_6 + \alpha_8 = 1,0$.

1.2.4 Средняя осевая нагрузка вагона определяется по формуле:

$$q_{о.ср.} = \alpha_4 \cdot q_{о4} + \alpha_6 \cdot q_{о6} + \alpha_8 \cdot q_{о8}, \text{ т / ось} \quad (7)$$

1.2.5 Основное удельное сопротивление движению вагонного состава (на роликовых подшипниках по бесстыковому железнодорожному пути) определяется по формуле:

$$w_{о4}'' = 0,7 + \frac{3 + 0,09v + 0,002v^2}{q_{о.4}}, \text{ Н / кН} \quad (8)$$

$$w_{о6}'' = 0,7 + \frac{8 + 0,08v + 0,002v^2}{q_{о.6}}, \text{ Н / кН} \quad (9)$$

$$w_{о8}'' = 0,7 + \frac{6 + 0,026v + 0,0017v^2}{q_{о.8}}, \text{ Н / кН} \quad (10)$$

1.2.6 Основное удельное сопротивление движению вагонного состава определяется по формуле:

$$w_o'' = \alpha_4 \cdot w_{о4}'' + \alpha_6 \cdot w_{о6}'' + \alpha_8 \cdot w_{о8}'', \text{ Н/кН} \quad (11)$$

1.2.7 Удельное сопротивление состава при трогании с места на площадке определяется по формуле:

$$w_{тр.} = \frac{28}{q_{о.ср.} + 7}, \text{ Н / кН} \quad (12)$$

2 Масса состава определяется по формуле:

$$Q = \frac{F_{кр.} - (w_o'' + i_p) P \cdot g}{(w_o'' + i_p) \cdot g}, \text{ т.} \quad (13)$$

где $F_{кр.}$ – расчётная сила тяги локомотива при расчетной скорости, Н (табл.8);

P – масса локомотива, т. (табл.8);

i_p – руководящий уклон, ‰;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

3 Проверка массы состава при трогании поезда с места производится по формуле:

$$Q_{тр.} = \frac{F_{кр.тр.}}{(w_o'' + i_{тр.}) \cdot g} - P, \text{ т.} \quad (14)$$

где $F_{кр.тр.}$ – сила тяги локомотива при трогании с места, Н (табл.8);

$i_{тр.}$ – уклон профиля раздельного пункта, ‰ (принять любой, но не более руководящего).

Масса состава Q должна быть не больше массы состава при трогании с места ($Q_{тр} > Q$).

4.1 Количество вагонов различных категорий в составе поезда определяется по формулам:

$$n_4 = \frac{Q \cdot \alpha_4}{q_{бр.4}}, \text{ шт.} \quad (15)$$

$$n_6 = \frac{Q \cdot \alpha_6}{q_{бр.6}}, \text{ шт.} \quad (16)$$

$$n_8 = \frac{Q \cdot \alpha_8}{q_{бр.8}}, \text{ шт.} \quad (17)$$

4.2 Длина поезда определяется по формуле:

$$L_{п} = n_4 \cdot \ell_4 + n_6 \cdot \ell_6 + n_8 \cdot \ell_8 + \ell_{лок} + 10, \text{ м.} \quad (18)$$

где $\ell_{4;6;8}$ – длина вагонов, м.;

$\ell_{лок}$ – длина локомотива, м. (табл.8).

5 Расчётный тормозной коэффициент определяется по формуле:

$$V_{р.} = \frac{\sum K_p}{(Q + P) g} \quad (19)$$

где $\sum K_p$ – сумма расчётных сил нажатия на тормозные оси поезда, Н.

$$\sum K_p = 4n_4 \cdot K_4 + 6n_6 \cdot K_6 + 8n_8 \cdot K_8 + t \cdot K_{л}, \text{ Н} \quad (20)$$

где $K_{4;6;8,л}$ – расчётные силы нажатия на тормозные оси вагонов и локомотива

($K_4 = 70 \text{ Н}$, $K_6 = K_8 =$

85 Н , $K_{электровоза} = 137 \text{ Н}$, $K_{тепловоза} = 118 \text{ Н}$);

t – количество тормозных осей локомотива (табл.8).

Задачи № 26-75

Необходимо по учебнику [5, с. 61-116] внимательно изучить тему «Проектирование плана и продольного профиля железных дорог».

Задачи № 26-50 относятся к проектированию кривых участков плана железных дорог. В соответствии с требованиями СП 119.13330.2012 при проектировании зависимых (смежных) кривых предусматривается прямая вставка и переходные кривые. Следовательно, прямая вставка измеряется между концами переходных кривых.

Минимальное расстояние между вершинами углов поворота зависимых кривых, направленных в одну и разные стороны, определяется по формуле:

$$L_{\text{в}} = T_1 + T_2 + \ell_{\text{п1}} + \ell_{\text{п2}} + a, \text{ м.} \quad (21)$$

где T_1, T_2 – тангенсы кривых, которые определяются по таблице разбивки круговых и переходных кривых, м.;

$\ell_{\text{п1}}, \ell_{\text{п2}}$ – длина, которая предусматривается для переходных кривых, м.;

a – прямая вставка, м.

На основании исходных данных тангенсы кривых T_1, T_2 определяются по таблице 9, длины переходных кривых определяются по таблице 10, прямая вставка, величина которой устанавливается в зависимости от категории железной дороги, по таблице 11.

Таблица 9 – Основные элементы круговых кривых ($R=1000$ м.)

Градус угла α	Основные элементы круговых кривых, м.			
	T	K	D	B
15°00'	131,65	261,80	1,51	8,63
18°00'	158,38	314,16	2,61	12,47
20°00'	176,33	349,07	3,59	15,43
22°00'	194,38	383,97	4,79	18,72
24°00'	212,56	418,88	6,23	22,34
25°00'	221,69	436,33	7,05	24,28
26°00'	230,87	453,79	7,95	26,30
27°00'	240,08	471,24	8,92	28,42
28°00'	249,33	488,69	9,97	30,61
29°00'	258,62	506,15	11,09	32,80
30°00'	267,95	523,60	12,30	35,28
31°00'	277,32	541,05	13,60	37,74
32°00'	286,75	558,51	14,99	40,30
33°00'	296,21	575,96	16,47	42,95
34°00'	305,73	593,41	18,05	45,69
35°00'	315,30	610,87	19,73	48,53
36°00'	324,92	628,32	21,52	51,46
38°00'	344,33	663,23	25,43	57,62

Тангенс кривой (касательная) T – расстояние по прямой от вершины угла до начала или конца кривой

Длина кривой K от начала кривой до её конца.

Биссектриса кривой B – отрезок от вершины угла до середины кривой.

Домер D – разность между длиной двух тангенсов и кривой.

Таблица 10 – Длины переходных кривых, м (по СТН Ц-01-95)

Радиус кривой, м.	Категория линии III
	Зона скоростей – 3
1800	30–20*
1500	40–30*
1200	40–30*
1000	50–40*
800	50–40*
700	60–50*
600	60–50*

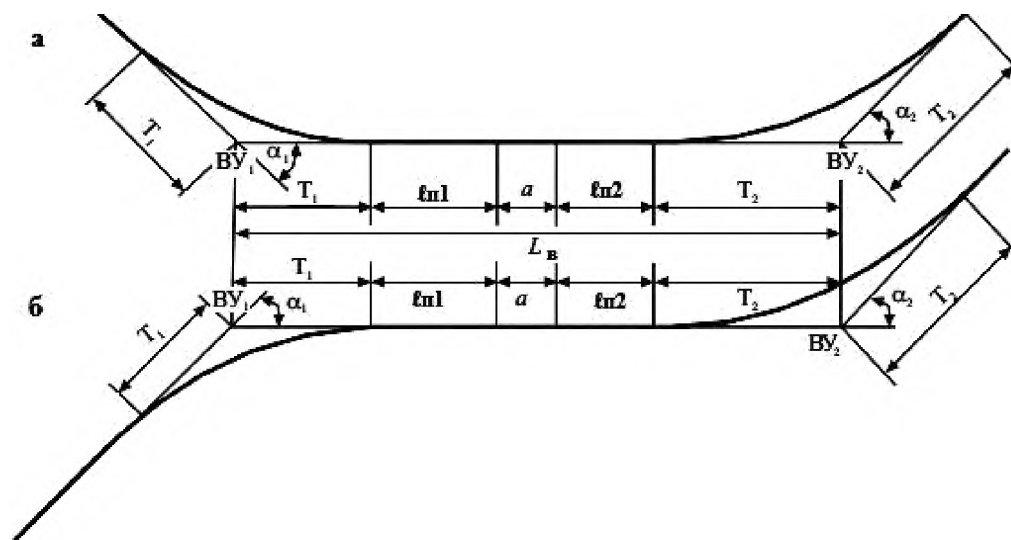
Примечание: *меньшую длину допускается применять только в трудных условиях.

Таблица 11 – Наименьшие длины прямых вставок, м., между смежными кривыми (по СТН Ц-01-95)

Категория линии	Направление кривых	
	в разные стороны	в одну сторону
Скоростная	150 (100)*	150 (100)*
Особогрузонапряжённая и III	75 (50)*	100 (50)*
I и II	150 (50)*	150 (50)*
IV	50 (30)*	50 (30)*

Примечание: *длины прямых вставок, указанные в скобках, разрешается применять только в трудных условиях.

Далее, необходимо вычертить план железной дороги по своим исходным и расчётным данным в масштабе 1:5000, показав на плане буквенные и числовые размеры (рис.1).



а – смежные кривые в одну сторону; б – смежные кривые в разные стороны

Рис. 1 – Проектирование смежных кривых

Задачи №51-75 относятся к правилам и нормам проектирования профиля и плана железной дороги – перелом профиля относительно переходных кривых.

Элементы продольного профиля для обеспечения плавности хода сопрягаются вертикальной кривой и эта кривая не должна накладываться на переходную кривую в плане.

Искомое минимальное расстояние определяется по формуле:

$$X = T_v + \ell_{\pi}/2, \text{ м.} \quad (22)$$

где T_v – тангенс вертикальной сопрягающей кривой, м.;

ℓ_{π} – длина переходной кривой в плане, м.

Так как радиусы вертикальных сопрягающих кривых (R_v) установлены в СП 119.13330.2012 в зависимости от категории железной дороги, то и тангенс вертикальной сопрягающей кривой определяется в зависимости от указанного фактора.

В нормативном документе [3], приняты следующие значения радиусов вертикальных кривых:

- 20000 м – на скоростных линиях;
- 15000 м – на линиях первой и второй категории;
- 10000 м – на особогрузонапряженных линиях, а также на линиях третьей категории;
- 5000 м – на линиях четвертой категории.

По категории линии определяется радиус вертикальной кривой и затем – наименьшее расстояние от перелома профиля до начала или конца переходных кривых определяется по формуле:

$$T_v = \frac{R_v \cdot \Delta i}{2000}, \text{ м.} \quad (23)$$

где R_v – радиус вертикальной кривой, м.;

Δi – алгебраическая разность уклонов на переломе профиля, ‰.

Алгебраическая разность уклонов смежных элементов определяется по формуле:

$$\Delta i = |i_n - i_{n-1}|, \text{ ‰} \quad (24)$$

где i_{n-1} – уклон предыдущего элемента, ‰;

i_n – уклон последующего элемента, ‰.

При Δi менее 2‰ и $R_v = 20$ км, 2,3‰ и $R_v = 15$ км, 2,8‰ и $R_v = 10$ км, 4‰ и $R_v = 5$ км, 5,2‰ и $R_v = 3$ км вертикальные сопрягающие кривые, согласно нормам СТН-Ц-01-95, допускаются не предусматривать.

После определения расстояния X , вычерчивается поясняющая схема (рис.2, без масштаба) по своим исходным и расчётным данным. На чертеже показываются все элементы плана и профиля, их числовые значения.

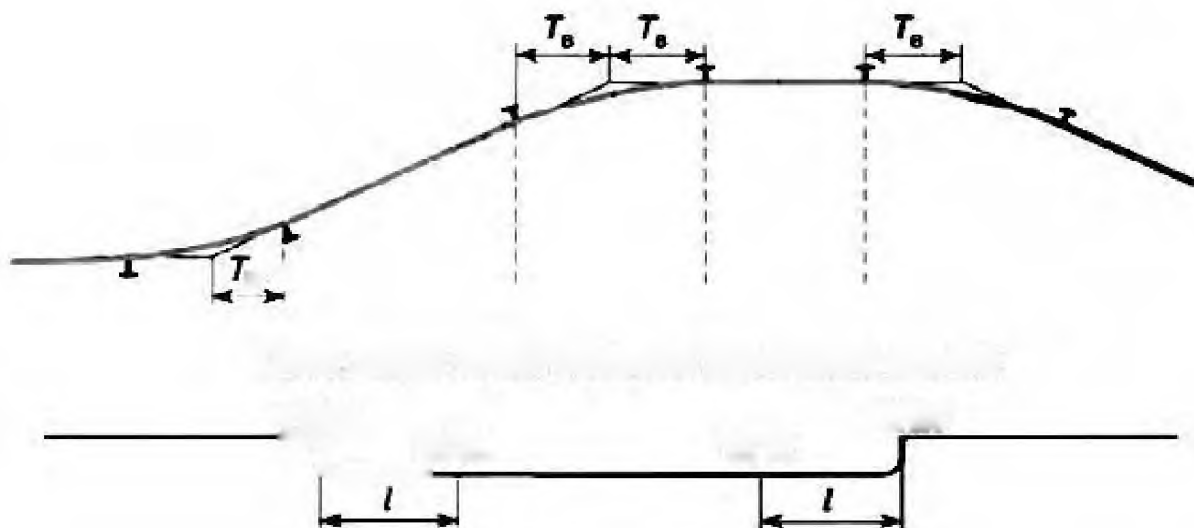


Рис. 2 – Схема взаимного расположения элементов плана и продольного профиля