

«

»

-

«

»

:

:

\_\_\_\_\_ . . \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ . . \_\_\_\_\_

“.....” .....20 .

“.....” .....20 .

:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

-2069059-08.04.01-151118-17

-23

08.04.01

\_\_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ . . \_\_\_\_\_

:

-

\_\_\_\_\_ . . . . . \_\_\_\_\_ . . . . .

\_\_\_\_\_ . . . . . \_\_\_\_\_ . . . . .

\_\_\_\_\_ . . . . . \_\_\_\_\_ . . . . .

\_\_\_\_\_ . . . . . \_\_\_\_\_ . . . . .

\_\_\_\_\_ . . . . . \_\_\_\_\_ . . . . .

\_\_\_\_\_ . . . . . \_\_\_\_\_ . . . . .

2. - ;

- 1-500, 1-1000;
- 1-100, 1-200;
- - 1-100, 1-200;
- 1-100, 1-200;
- 1-200, 1-400;
- 1-400, 1-800;
- 1-10, 1-20, 1-50;

---



---



---



---



---

30÷40

3. - ;

- \_\_\_\_\_ ;
- \_\_\_\_\_ ;
- \_\_\_\_\_ ;
- \_\_\_\_\_ ;

(30÷50 )

(2÷3 )

4. - ;

- \_\_\_\_\_ ;
- \_\_\_\_\_ ;

( 7)

5. ;

- ( , ; ),
- - ;

30-50

6. ;

---



---



---

7. - ;

---



---

- ;
- ;
- ;
- ;

**III.**

10÷12 ,  $\frac{100}{120}$  20

20÷30

« » 20

---



---



	6
1.	7
1.1.	7
1.2.	7
1.3.	9
2.	11
2.1.	11
2.1.1.	11
2.1.2.	14
2.1.3.	17
2.1.4.	25
2.1.5.	28
2.1.6.	31
2.1.7.	44
2.2.	53
2.2.1.	53
2.2.2.	55
2.2.3.	55
2.2.4.	56
2.2.5.	58
2.2.6.	60
2.2.7.	60
2.2.8.	62
2.3.	65
2.3.1.	66
2.3.2.	67
2.3.2.1.	69
2.3.2.2.	71
2.3.3.	72
2.3.3.1.	72
2.3.3.2.	74
2.3.3.3.	75

3.		78
3.1.		78
3.1.1.		78
3.1.2.	( )	79
3.1.3.		79
3.1.4.		81
3.1.5.		82
3.2.		83
3.3.		85
4.		87
4.1.		87
4.2.		89
4.3.	-	95
4.4.		95
5.		97
5.1.		97
5.2.		97

« »

« »

. . . « »

»

## Введение.

«Base 7.3».

- 
- 
- 
- 
- 
- 

« ».

1.

1.1.

5

-8+2 1,0.

-11

-80.

27.13330.2011;

24.13330.2011;

41.13330.2012;

46.13330.2012;

34.13330.2012;

-52748-2007.

III

1.2.

- 35° .

81° .

41° ,

-20° .

0°

117 ,

- 144 (1962 .),

- 77 (1932 .).

20.V,

- 15.IX.

, 70÷75%

, 20÷25%

263

88 .

60÷70

150 .

27

-67 ,

-7 .

19.III,

5.V.

-1,89 ,

-2,46 ,

-2,79 .

( - ),

( - ),



1.3.

18+3 24+18.

108,76 .

10‰ (

).

-8+2 1,0,

-20‰.

3.503.1-105

«

,

∅-0,8 . .

24 33 »

12-30.

3.503.1-102

«

,

∅-0,8 . .

24 33 »

12-30.

,

180 .

20 40 5,2-0,8

24

3.503.1-81 . 7-1 . 1318 "

12,

15, 18, 21, 24 33

".

1, 2, 3, 4, 5, 6

« ®

»

«

« ® »

».

« » "

" "

" 2002 .

h-0,75

3.503.1-81.

5216-067-36910961-2002

( « »)

1,0 .

52289-2004 «

», 52607-2006

«

».

- 350 .

. . 3.503.1-81 .3-1.

6

3.503.1-96 "

", . 0-1, 1-1; 2-1

3 .

2,0

2

V .

-2 100 100 16

3.503.1-156.

-1

40 50 150 .

100-200 .

3.503.1-66

"

".

,

2.

2.1.

24

2

).

( ,

11),

( -80)

-1300.

400.

2.1.1

1 ,

0,75 .

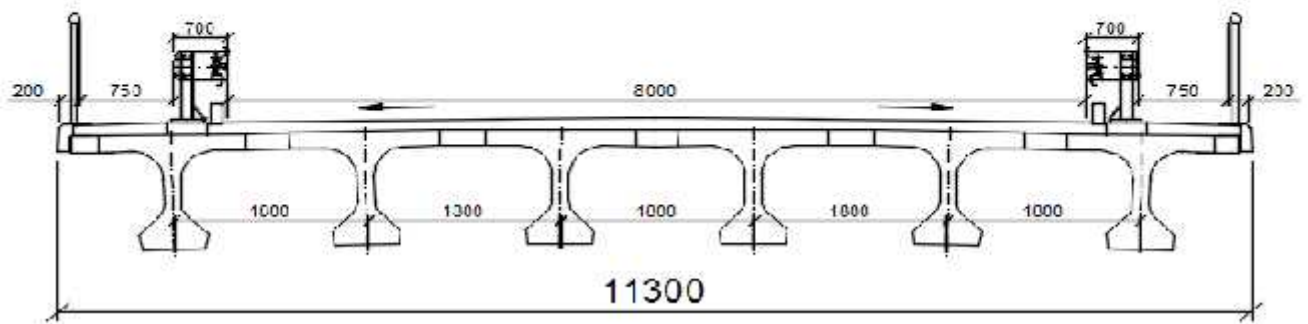
1,8 (

).

6

11,3 .

1.



.1.

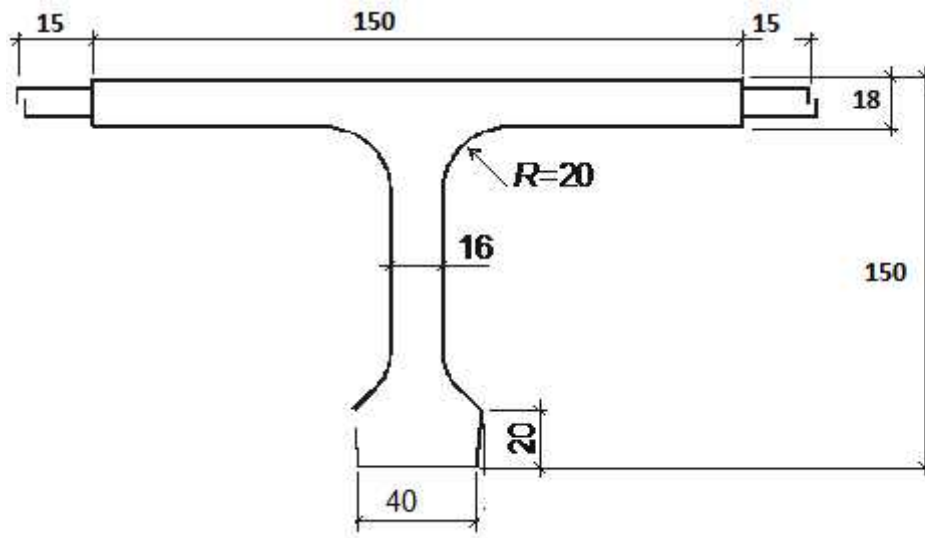
1,5 ,

16 ,

18 .

. 2.

- 165 .



. 2.

40

. 2 [11] :  $R_b = 22$  ,  $R_{bt} = 1,4$  ,  $R_{b,ser} = 29,0$

,  $R_{bt,ser} = 2,10$  ,  $R_{b,sh} = 3,60$  ,  $R_{b,mc2} = 19,6$  ,  $E_b = 36000$  .

. 3 [11].

-400 ( $R_s = 355$  ) ;

-1300 5 ( $R_p = 1070$  ,

$R_{p,ser} = 1300$  ,  $E_p = 177000$  ) ; -I (

$R_s = 215$  ,  $E_s = 206000$  ).

-400 [11](14):

$$\kappa_y = \frac{\check{S}}{1 + \frac{\dagger_1}{500} \left( 1 - \frac{\check{S}}{1,1} \right)} = \frac{0,69}{1 + \frac{355}{500} \left( 1 - \frac{0,69}{1,1} \right)} = 0,547,$$

$$\check{S} = 0,85 - 0,008R_b = 0,85 - 0,008 \cdot 22 = 0,69 ;$$

$$\dagger_1 = R_s = 355 .$$

$\xi_y$ 

-1300,

 $\sigma_p$ ,

$$1,1R_p = 1,1 \cdot 1070 = 1160,5$$

$$\sigma_p = 1000$$

$$\sigma_p = 0,7 \cdot 1000 = 700$$

$$\dagger_1 = R_p + 500 - \dagger_p = 1070 + 500 - 700 = 855$$

$$\xi_y = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_1}{500} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,69}{1 + \frac{855}{500} \left(1 - \frac{0,69}{1,1}\right)} = 0,421.$$

2.1.2.

[11] .

6.2. , 2,3 ,

160

,

$$l_0 = 1,8 - 0,16 = 1,64 .$$

. 1.

1.

		-	-	-
		-	-	-
		,	$\gamma_f$	,
1.	:			
-	70	1,54	1,3	2,00
-	~10	0,10	1,3	0,13
-	40	0,88	1,3	1,15
-		0,3	1,3	0,859
-	70	1,26	2,0	2,52
2.	180	3,75	1,1	4,13
:		7,83		10,79

11 :

$$a_1 = a_0 + 2h = 0,2 + 2 * 0,2 = 0,6 ,$$

$$b_1 = b_0 + 2h = 0,6 + 2 * 0,2 = 1 ,$$

$$a = a_1 + \frac{l_0}{3} = 0,6 + \frac{1,64}{3} = 1,14 ,$$

$$2l_0 / 3 = 2 \cdot 1,64 / 3 = 1,09 \quad , \quad l_0 = 1,64 \quad . \quad a = 1,14 \quad .$$

$$= 0,5 \cdot 9,81 = 0,5 \cdot 9,81 \cdot 11 = 54,0 \quad .$$

$$1 + \mu = 1 + \frac{45 - \lambda}{135} = 1 + \frac{45 - 1,44}{135} = 1,32$$

1 :

$$M_0 = gl_0^2 / 8 + Pl_0 \gamma_f (1 + \mu) / 4a =$$

$$= 10,79 \cdot 1,64^2 / 8 + 54 \cdot 1,64 \cdot 1,5 \cdot 1,32 / 4 \cdot 1,14 = 39,5 \quad . \quad ,$$

$$g - \quad . \quad 1.$$

-80.

$$a = 1,14 \quad \approx 1,2 \quad - \quad , \quad a = 1,2 \quad .$$

$$= 98 \quad .$$

( . [11] . 1.4):

$$\lambda = 1,64 \quad (1 + \sim) = 1,12.$$

1 :

$$M_0 = gl_0^2 / 8 + Pl_0 \gamma_f (1 + \mu) / 4a =$$

$$= 10,79 \cdot 1,64^2 / 8 + 98 \cdot 1,64 \cdot 1,0 \cdot 1,12 / 4 \cdot 1,2 = 41,1 \quad . \quad .$$

$$_0 = 41,1 \quad . \quad .$$

$$= 0,7 \cdot _0 = 0,7 \cdot 41,1 = 28,77 \quad . \quad .$$

$$h / h = 18 / 150 = 0,12 < 0,25 ,$$

$$= 0,5 \cdot _0 = 0,5 \cdot 41,1 = 20,55 \quad . \quad .$$

:

$$r_m = \frac{28,77 \cdot 10^6}{R_b b h_0^2} = \frac{28,77 \cdot 10^6}{22 \cdot 1000 \cdot 150^2} = 0,06;$$

$$\kappa = 0,06 < \kappa_y = 0,547.$$

$$\eta' = 0,970.$$

$$A_s = \frac{M_o}{R_s' h_0} = \frac{28,77 \cdot 10^6}{355 \cdot 0,97 \cdot 150} = 564,9 \text{ cm}^2.$$

$$[1] \quad \cdot \quad 7$$

10

$$100 \quad ( \quad 785 \text{ cm}^2 ).$$

:

$$r_m = \frac{M_p}{R_b b h_0^2} = \frac{20,55 \cdot 10^6}{22 \cdot 1000 \cdot 150^2} = 0,05;$$

$$\kappa = 0,05 < \kappa_y = 0,547.$$

$$\eta' = 0,975.$$

$$A_s = \frac{M_p}{R_s' h_0} = \frac{20,55 \cdot 10^6}{355 \cdot 0,975 \cdot 150} = 401,46 \text{ cm}^2.$$

$$\cdot \quad 7$$

8

$$100 \quad ( \quad 453 \text{ cm}^2 ).$$

$$240 \quad \cdot \quad 6 \quad 200 \quad \cdot$$

$$( \quad -80 )$$

$$b_1 = b_0 + 2h = 0,8 + 2 \cdot 0,2 = 1,2 \text{ m}.$$

$$a = a_1 = 600 \text{ mm}.$$

$$Q_{\max} = 0,5 g a l_0 + P \left( 1 - \frac{b_1}{2 \cdot l_0} \right) \gamma_f (1 + \mu) =$$

$$= 0,5 \cdot 10,79 \cdot 0,6 \cdot 1,64 + 98 \cdot \left( 1 - \frac{1,2}{2 \cdot 1,64} \right) \cdot 1 \cdot 1,12 = 74,9 \text{ kN/m}.$$



$$Q_{\max} = 74,9 \leq Q_b = \frac{2R_{bt} a h_0^2}{c} = \frac{2 \cdot 1,25 \cdot 600 \cdot 150^2}{150} = 225000 = 225 \text{ ,}$$

### 2.1.3.

(  
).  
:  
,

$$q_n = g_n b'_f + (h b + h_f b_f) G = 7,83 \cdot 1,8 + (1,05 \cdot 0,16 + 0,27 \cdot 0,58) \cdot 25 = 22,21 \text{ / ,}$$

$$g_n = \dots \cdot 1;$$

$$b'_f = \dots ;$$

$$h = \dots ;$$

$$b = \dots ;$$

$$h_f = \dots ;$$

$$b_f = \dots ;$$

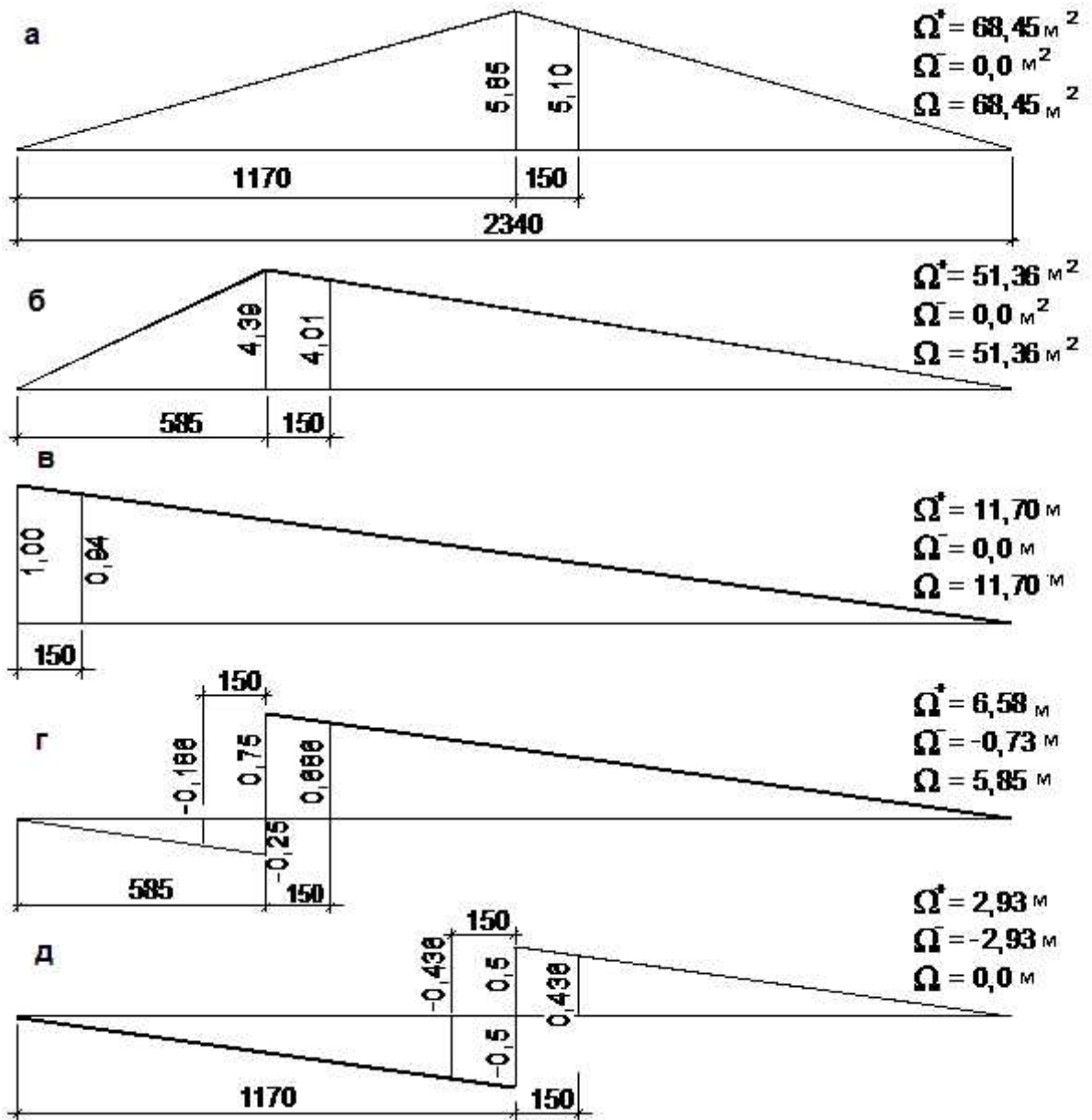
$$G > \dots$$

$$q = g b'_f + (h b + h_f b_f) G \gamma_f = 10,79 \cdot 1,8 + (1,05 \cdot 0,16 + 0,27 \cdot 0,58) \cdot 25 \cdot 1,1 = 28,32 \text{ / .}$$

$$300-400 \text{ ,}$$

$$l_0 = 24 - 2 \cdot 0,3 = 23,4 \text{ .}$$

. 3.



.3.

:

— ( 0,5); —  
 ( 0,25); — (Q<sub>0</sub>);  
 — (Q<sub>0,25</sub>);  
 — (Q<sub>0,5</sub>)

11

[11] .1.4:

— = 9,81 = 9,81 · 11 = 107,9 ;

—

$v = 0,98 = 0,98 \cdot 11 = 10,78 / .$

[11] . 1.

$$v = 157,8 \quad / \quad \lambda = 5,85 \quad ;$$

$$v = 106,7 \quad / \quad \lambda = 11,7 \quad ;$$

$$v = 77,28 \quad / \quad \lambda = 17,55 \quad ;$$

$$v = 60,25 \quad / \quad \lambda = 23,4 \quad .$$

$$v = 185,8 \quad / \quad \lambda = 5,85 \quad ;$$

$$v = 113,6 \quad / \quad \lambda = 11,7 \quad ;$$

$$v = 80,36 \quad / \quad \lambda = 17,55 \quad ;$$

$$v = 62,00 \quad / \quad \lambda = 23,4 \quad .$$

[11] (4):

$$= 3,92 - 0,0196 \cdot 5,85 = 3,81 \quad / \quad \lambda = 5,85 \quad ;$$

$$= 3,92 - 0,0196 \cdot 11,70 = 3,69 \quad / \quad \lambda = 11,70 \quad ;$$

$$= 3,92 - 0,0196 \cdot 17,55 = 3,58 \quad / \quad \lambda = 17,55 \quad ;$$

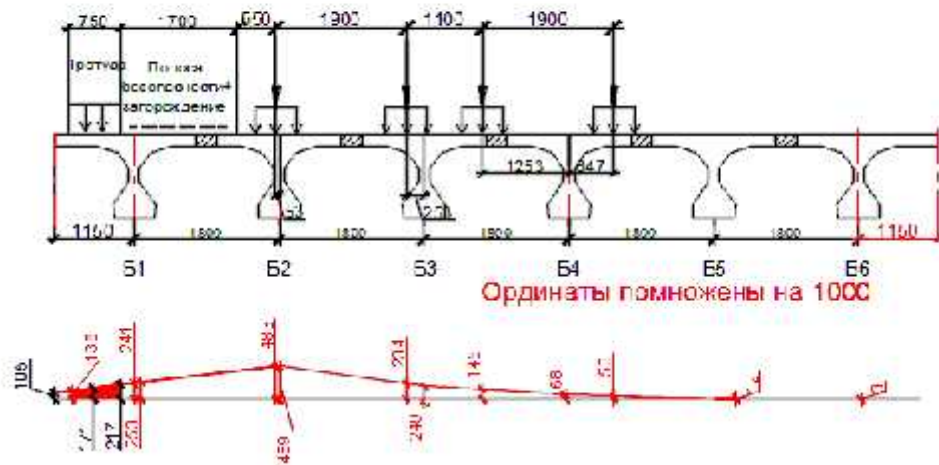
$$= 3,92 - 0,0196 \cdot 23,4 = 3,46 \quad / \quad \lambda = 23,4 \quad .$$

[11] . 6

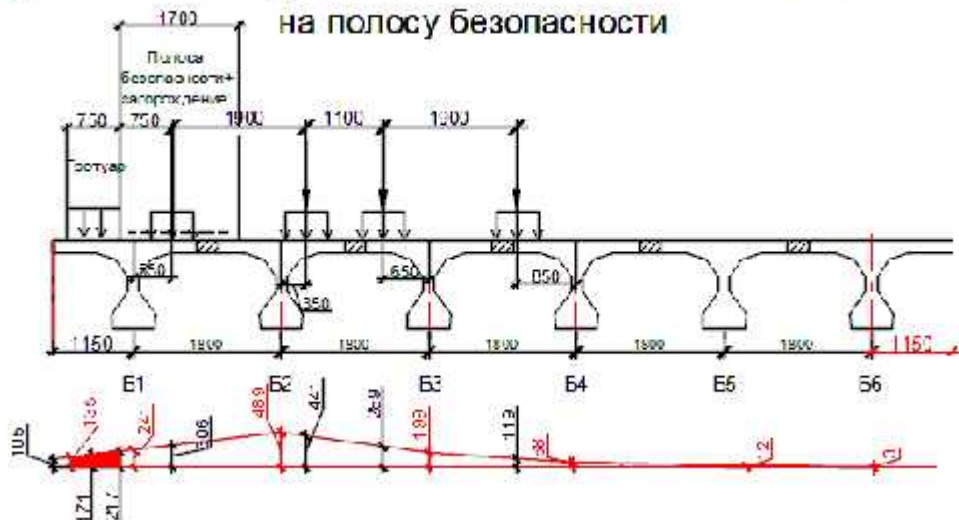
11 (1- ) .4,

$$y = \frac{0,135+0,171}{2} \cdot 0,75 + \frac{0,171+0,217}{2} \cdot 0,75 = 0,25 \quad ;$$

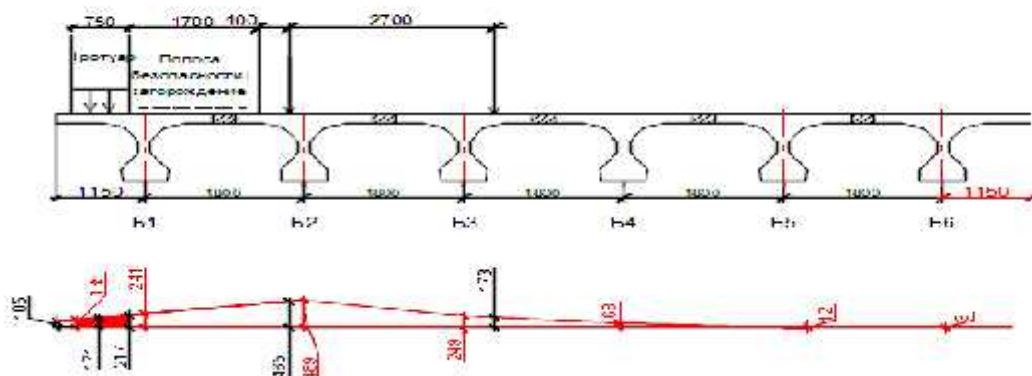
Две полосы временной нагрузки АК-11, расположенных около полосы безопасности



Две полосы нагрузки АК-11, расположенных с "заездом" на полосу безопасности



Временная нагрузка НК-80, ось нагрузки смещена к краю проезжей части



. 4.

[11] (70):

$$y_p = 0,5 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 y_{ji} s_j = 0,5 \cdot (0,483 + 0,234 + 0,145 - 0,05) = 0,406.$$

$$y_v = 0,5 \cdot [(0,483 + 0,234) \cdot 1 + (0,145 - 0,05) \cdot 0,6] = 0,387$$

11 (2- )

( . 4, ):

$$y_p = 0,5 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 y_{ji} s_j = 0,5 \cdot (0,306 + 0,441 + 0,289 + 0,05) = 0,543;$$

$$y_v = 0,5 \cdot [(0,306 + 0,441) \cdot 1 + (0,289 + 0,05) \cdot 0,6] = 0,475 .$$

-80 ( . 4, ):

$$y_p = 0,5 \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^1 y_{ji} s_j = 0,5 \cdot (0,465 + 0,173) = 0,319$$

11

(5):

$$(1 + \mu) = 1 + \frac{45 - \lambda}{135} = 1 + \frac{45 - 23,4}{135} = 1,16;$$

-80 - (6):  $(1 + \mu) = 1,1;$

$$(1 + \mu) = 1.$$

$\gamma_f$

11

1,2.

$\gamma_f$

[11] . 1.4

:

$$\lambda = 5,85 \quad \gamma_f = 1,44;$$

$$\lambda = 11,70 \quad \gamma_f = 1,38;$$

$$\lambda = 17,55 \quad \gamma_f = 1,32;$$

$$\lambda = 23,4 \quad \gamma_f = 1,27.$$

$$-80 \gamma_f = 1,0.$$

$$\gamma_f = 1,2.$$

$$R^{\max} = q\Omega + P(\Sigma y_i)\eta_p(1 + \mu)\gamma_f + v\Omega^\pm\eta_v(1 + \mu)\gamma_f + p\Omega^\pm\eta_n(1 + \mu)\gamma_f,$$

$$R > \quad ( \quad M \quad Q);$$

$$\Omega - \quad ;$$

$$\Sigma y_i -$$

11 (1-

)

.4

:

$$M_{0,5} = 28,32 \cdot 68,45 + 107,9 \cdot (5,85 + 5,1) \cdot 0,406 \cdot 1,16 \cdot 1,27 + \\ + 10,78 \cdot 68,45 \cdot 0,387 \cdot 1,16 \cdot 1,2 + 3,46 \cdot 68,45 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,2 = 3113,6 \quad ;$$

$$M_{0,25} = 28,32 \cdot 51,36 + 107,9 \cdot (4,39 + 4,01) \cdot 0,406 \cdot 1,16 \cdot 1,27 + \\ + 10,78 \cdot 51,36 \cdot 0,387 \cdot 1,16 \cdot 1,2 + 3,46 \cdot 51,36 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2348,1 \quad ;$$

$$Q_{0,5}^{\max} = 28,32 \cdot 0 \pm 107,9 \cdot (0,5 + 0,436) \cdot 0,406 \cdot 1,16 \cdot 1,38 \pm \\ \pm 10,78 \cdot 2,93 \cdot 0,387 \cdot 1,16 \cdot 1,2 \pm 3,69 \cdot 2,93 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,2 = \pm 86,44 \quad ;$$

$$Q_{0,25}^{\max} = 28,32 \cdot 5,85 + 107,9 \cdot (0,75 + 0,686) \cdot 0,406 \cdot 1,16 \cdot 1,32 + \\ + 10,78 \cdot 6,58 \cdot 0,387 \cdot 1,16 \cdot 1,2 + 3,58 \cdot 6,58 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,2 = 307,16 \quad ;$$

$$Q_{0,25}^{\min} = 28,32 \cdot 5,85 - 107,9 \cdot (0,25 + 0,186) \cdot 0,406 \cdot 1,16 \cdot 1,44 - \\ - 10,78 \cdot 0,73 \cdot 0,387 \cdot 1,16 \cdot 1,2 - 3,81 \cdot 0,73 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,2 = 128,6 \quad ;$$

$$Q_0 = 28,32 \cdot 11,7 + 107,9 \cdot (1 + 0,94) \cdot 0,406 \cdot 1,16 \cdot 1,27 + \\ + 10,78 \cdot 11,7 \cdot 0,387 \cdot 1,16 \cdot 1,2 + 3,46 \cdot 11,7 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,2 = 536,4 \quad .$$

11 (2-

)

.4

:

$$M_{0,5} = 28,32 \cdot 68,45 + 107,9 \cdot (5,85 + 5,1) \cdot 0,536 \cdot 1,16 \cdot 1,27 + \\ + 10,78 \cdot 68,45 \cdot 0,475 \cdot 1,16 \cdot 1,2 = 3359,2 \quad ;$$

$$M_{0,25} = 28,32 \cdot 51,36 + 107,9 \cdot (4,39 + 4,01) \cdot 0,536 \cdot 1,16 \cdot 1,27 + \\ + 10,78 \cdot 51,36 \cdot 0,475 \cdot 1,16 \cdot 1,2 = 2536,7 \quad ;$$

$$Q_{0,5}^{\max} = 28,32 \cdot 0 \pm 107,9 \cdot (0,5 + 0,436) \cdot 0,543 \cdot 1,16 \cdot 1,38 + \\ + 10,78 \cdot 2,93 \cdot 0,475 \cdot 1,16 \cdot 1,2 = \pm 108,5 \quad ;$$

$$Q_{0,25}^{\max} = 28,32 \cdot 5,85 + 107,9 \cdot (0,75 + 0,686) \cdot 0,543 \cdot 1,16 \cdot 1,32 + \\ + 10,78 \cdot 6,58 \cdot 0,475 \cdot 1,16 \cdot 1,2 = 341,3 \quad ;$$

$$Q_{0,25}^{\min} = 28,32 \cdot 5,85 - 107,9 \cdot (0,25 + 0,186) \cdot 0,543 \cdot 1,16 \cdot 1,44 - \\ - 10,78 \cdot 0,73 \cdot 0,475 \cdot 1,16 \cdot 1,2 = 117,8 \quad ;$$

$$Q_0 = 28,32 \cdot 11,7 + 107,9 \cdot (1 + 0,94) \cdot 0,543 \cdot 1,16 \cdot 1,27 + \\ + 10,78 \cdot 11,7 \cdot 0,475 \cdot 1,16 \cdot 1,2 = 582,1 \quad .$$

-80

. 4.

:

$$M_{0,5} = 28,32 \cdot 68,45 + 60,25 \cdot 68,45 \cdot 0,319 \cdot 1,1 \cdot 1,0 + \\ + 3,46 \cdot 68,45 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,2 = 3456,8 \quad . \quad ;$$

$$M_{0,25} = 28,32 \cdot 51,36 + 60,25 \cdot 51,36 \cdot 0,319 \cdot 1,1 \cdot 1,0 + \\ + 3,46 \cdot 51,36 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2593,6 \quad . \quad ;$$

$$Q_{0,5}^{\max} = 28,32 \cdot 0 \pm 113,6 \cdot 2,93 \cdot 0,319 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \pm \\ \pm 3,69 \cdot 2,93 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,2 = \pm 119,9 \quad ;$$

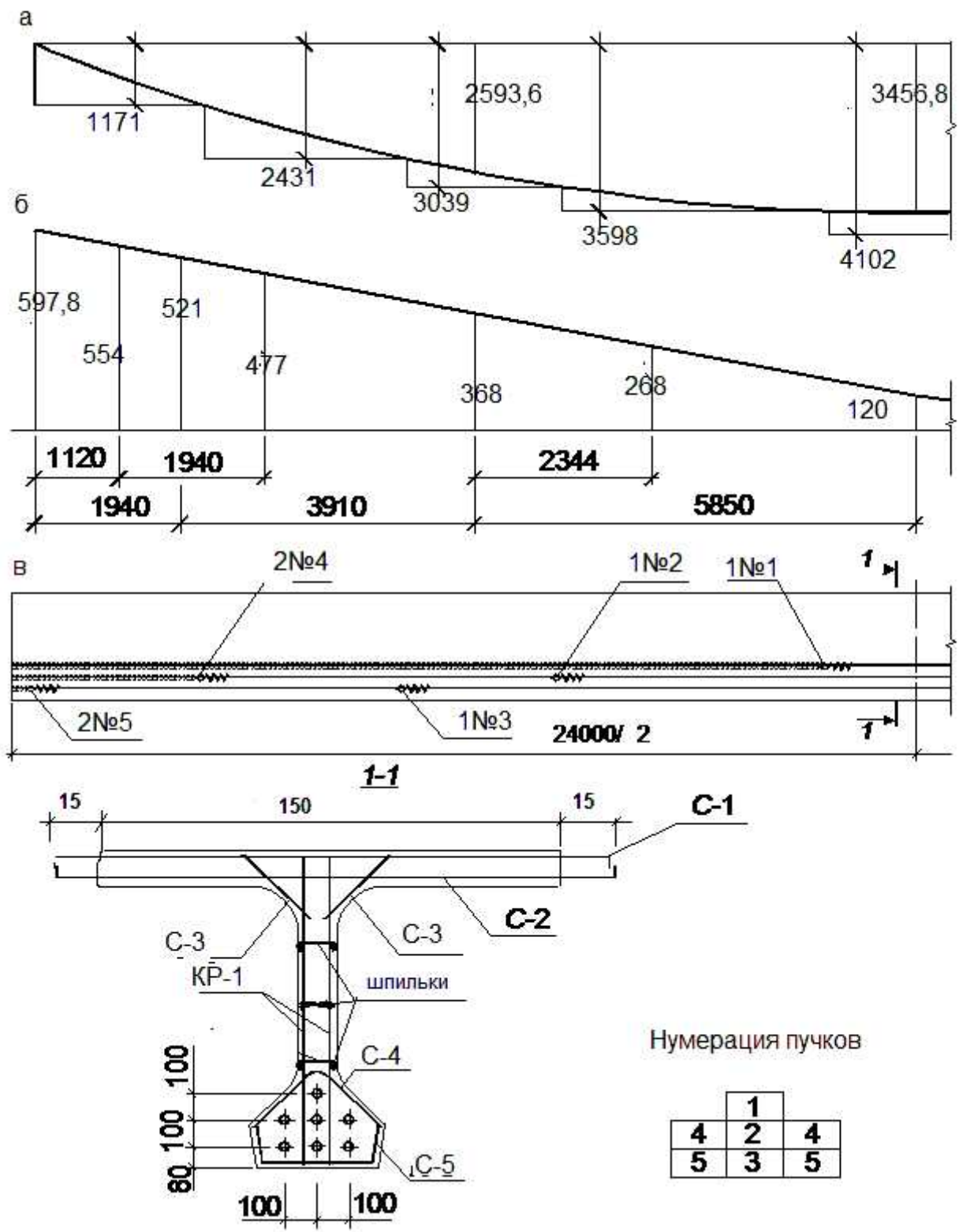
$$Q_{0,25}^{\max} = 28,32 \cdot 5,85 + 80,36 \cdot 6,58 \cdot 0,319 \cdot 1,1 \cdot 1,0 + \\ + 3,58 \cdot 6,58 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,2 = 367,5 \quad ;$$

$$Q_{0,25}^{\min} = 28,32 \cdot 5,85 - 185,8 \cdot 0,73 \cdot 0,319 \cdot 1,1 \cdot 1,0 - \\ - 3,81 \cdot 0,73 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,2 = 117,9 \quad ;$$

$$Q_0 = 28,32 \cdot 11,7 + 62,0 \cdot 11,7 \cdot 0,319 \cdot 1,1 \cdot 1,0 + \\ + 3,46 \cdot 11,7 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,2 = 597,8 \quad .$$

,

. 5, 5, .



. 5.

:  
, . ;

, ; -



### 2.1.4.

$$b'_f = 260 + 6 \cdot 180 = 1340 < 1800$$

$$b'_f = 1340$$

$$\alpha_m = M / R_b b'_f h_0^2 = 3456,8 \cdot 10^6 / (22 \cdot 1340 \cdot 1350^2) = 0,071. \quad [1] \quad .7$$

$$\alpha < 0,072 < \alpha_y = 0,421.$$

$$x < h_0 = 0,072 \cdot 1350 = 97,2 < h'_f = 180, \dots$$

$$(\text{[11] } .7)' = 0,962.$$

$$A_p = \frac{M}{R_p' h_0} = \frac{3456,8 \cdot 10^6}{1070 \cdot 0,962 \cdot 1350} = 2522 \quad .$$

$$154 \quad 5$$

$$3018 \quad .$$

$$22$$

$$. 5, .$$

$$. 6.$$

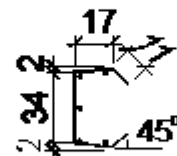
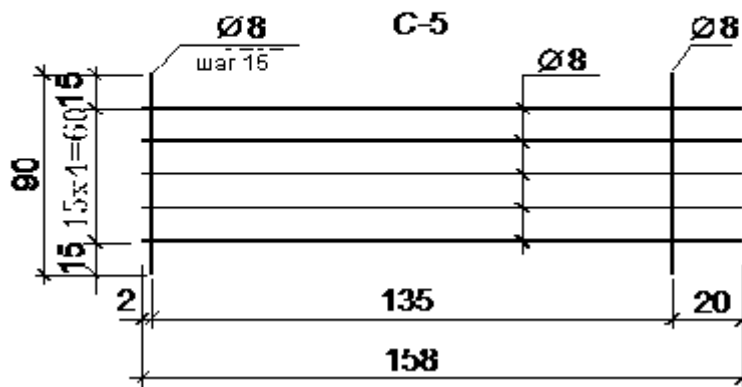
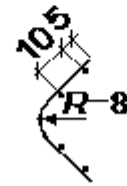
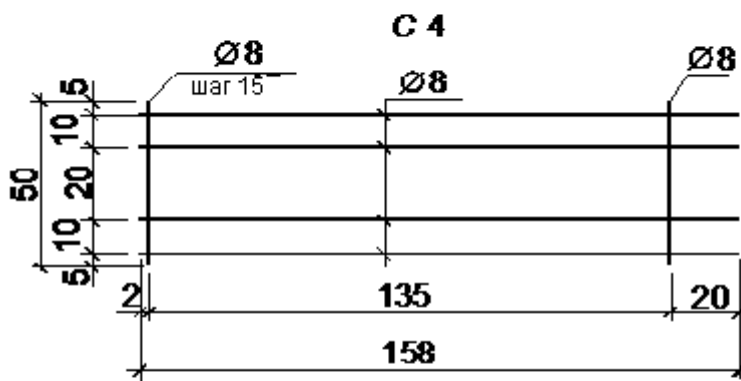
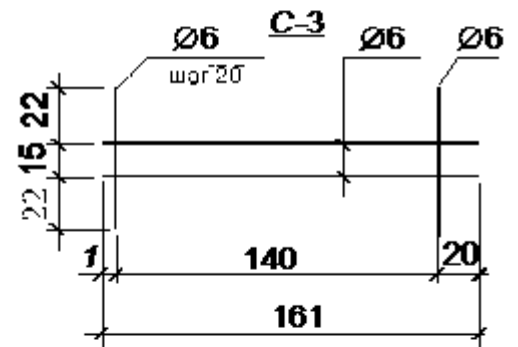
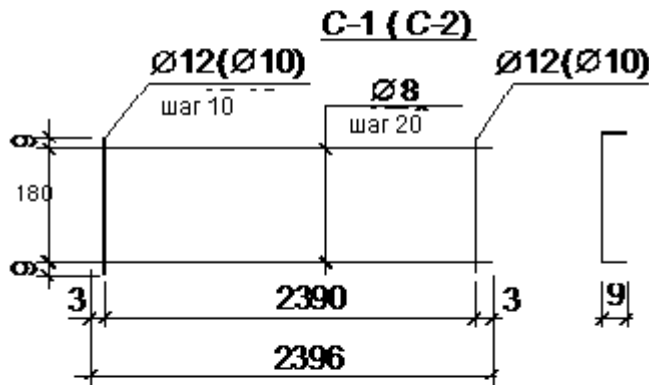
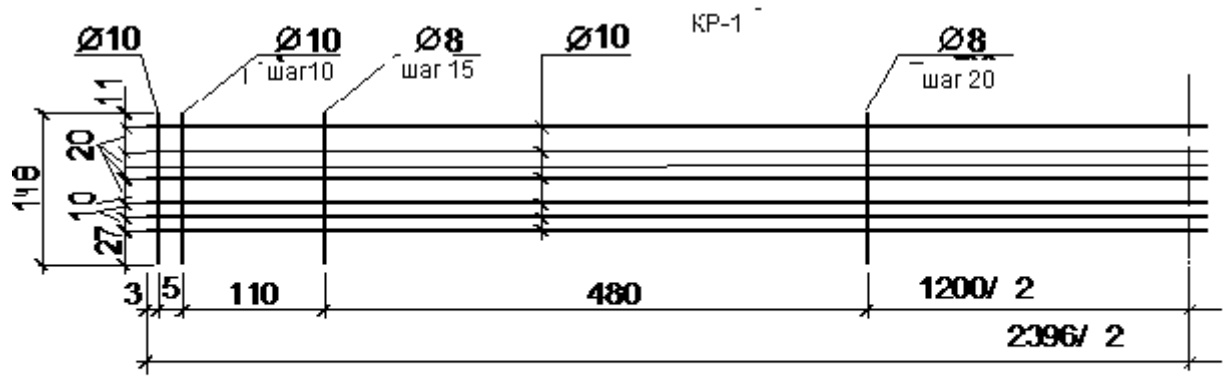
$$. 6.$$

$$2 \quad (2 \quad 5), \quad h_0 = 1500 - 80 = 1420 \quad ;$$

$$x = R_p A_p / R_b b'_f = 1070 \cdot 862,4 / 22 \cdot 1460 = 31,2 \quad ;$$

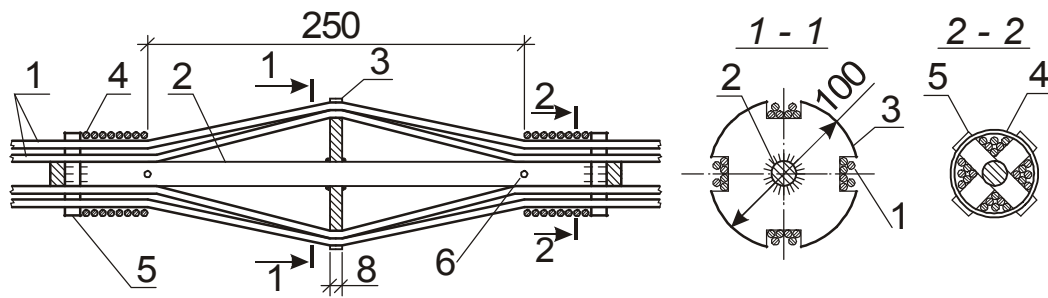
$$M_1 = R_b b'_f x (h_0 - 0,5x) = 22 \cdot 1340 \cdot 31,2 \cdot (1420 - 0,5 \cdot 31,2) =$$

$$= 1174 \cdot 10^6 \cdot \dots = 1174 \cdot \dots$$



. 6.

( , )



. 7. - :

1 - , 2 - ,  
 3 - - , 4 - ,  
 5 - ( 10×15 ),  
 6 -  
 4 ( 2 4 + 2 5 ),

$$h_0 = 1500 - 130 = 1370 \quad ;$$

$$x = R_p A_p / R_b b'_f = 1070 \cdot 1724,8 / 22 \cdot 1340 = 67,9 \quad ;$$

$$M_2 = R_b b'_f x (h_0 - 0,5x) = 22 \cdot 1340 \cdot 67,9 \cdot (1370 - 0,5 \cdot 67,9) = 2431 \cdot 10^6 \quad . \quad = 2431 \quad . \quad .$$

$$5 \quad (1 \ 3 \ + \ 2 \ 4 \ + \ 2 \ 5), \quad h_0 = 1500 - 120 = 1380 \quad ;$$

$$x = R_p A_p / R_b b'_f = 1070 \cdot 2126 / 22 \cdot 1340 = 84,8 \quad ;$$

$$M_3 = R_b b'_f x (h_0 - 0,5x) = 22 \cdot 1340 \cdot 84,8 \cdot (1380 - 0,5 \cdot 84,8) = 3039 \cdot 10^6 \quad . \quad = 3039 \quad . \quad .$$

$$6 \quad (1 \ 2 \ + \ 1 \ 3 \ + \ 2 \ 4 \ + \ 2 \ 5), \quad h_0 = 1500 - 130 = 1370 \quad ;$$



$$= 1395916 = 1396 \quad ,$$

$$Q - \quad h_0 \quad ;$$

$$\varphi_{w1} = 1 + \eta n_1 \mu_w = 1 + 5 \cdot 5,72 \cdot 0,0098 = 1,28;$$

$$\eta - \quad , \quad 5 \quad ,$$

;

$$b > \quad ;$$

$$n_1 = E_s / E_b = 206000 / 36000 = 5,72;$$

$$\mu_w = A_{sw} / b s_w = 157 / 190 \cdot 100 = 0,008;$$

$$\varphi_{b1} = 1 - 0,01 R_b = 1 - 0,01 \cdot 22 = 0,8.$$

[11] (41)

:

$$Q \leq Q_b + Q_{sw},$$

$$Q_{sw} - \quad ,$$

60°

[11] (45):

$$q_{sw1} = R_{sw} A_{sw} / s_1 = 170 \cdot 157 / 100 = 263,7 \quad / \quad ;$$

$$q_{sw2} = R_{sw} A_{sw} / s_2 = 170 \cdot 101 / 150 = 113,1 \quad / \quad ;$$

$$q_{sw3} = R_{sw} A_{sw} / s_3 = 170 \cdot 101 / 200 = 84,8 \quad / \quad .$$

$$q_{sw3}$$

(44)

$$c_0 = c = \sqrt{\frac{2R_{bt}bh_0^2}{q_{sw3}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,25 \cdot 160 \cdot 1480^2}{84,8}} = 3214$$

$$Q_b \quad (46):$$

$$Q_b = \frac{2R_{bt}bh_0^2}{c} = \frac{2 \cdot 1,25 \cdot 160 \cdot 1480^2}{3214} = 272607 = 273$$

$$Q_b > 0,5Q = 0,5 \cdot 268 = 134$$

$$Q_b = 134$$

$$0 > 2h_0 = 2 \cdot 1380 = 2760$$

$$0 > 2h_0 = 2 \cdot 1380 = 2760$$

$$c_0 = 2760 = 2,76$$

$$Q_{sw} = q_{sw3}c_0 = 84,8 \cdot 2,76 = 234$$

$$Q = 238 < Q_b + Q_{sw} = 134 + 234 = 368$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$c = h_0 \operatorname{tgr} = 1420 \cdot \operatorname{tgr} = 2459$$

$$Q_b \quad [1] (46):$$

$$Q_b = \frac{2R_{bt}bh_0^2}{c} = \frac{2 \cdot 1,25 \cdot 160 \cdot 1420^2}{2459} = 328003 = 328$$

$$Q_b > 0,5Q = 0,5 \cdot 477 = 238$$

$$Q_b = 238$$

$$0 \quad [1] (44):$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{2R_{bt}bh_0^2}{q_{sw2}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,25 \cdot 160 \cdot 1420^2}{113}} = 2671 \quad , \quad 2h_0,$$

$$c_0 > 2459 \quad , \quad c_0 = 2459 \quad .$$

$$Q_{sw} = q_{sw2}c_0 = 113 \cdot 2459 = 277867 \quad = 278 \quad .$$

$$Q = 477 < Q_b + Q_{sw} = 238 + 278 = 517 \quad ,$$

$$Q_b = 328 > 0,5Q = 0,5 \cdot 521 = 261 \quad , \quad Q_b = 261 \quad .$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{2R_{bt}bh_0^2}{q_{sw1}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,25 \cdot 160 \cdot 1420^2}{263}} = 1751 < ,$$

$$h_0 = 1420 \quad , \quad \dots$$

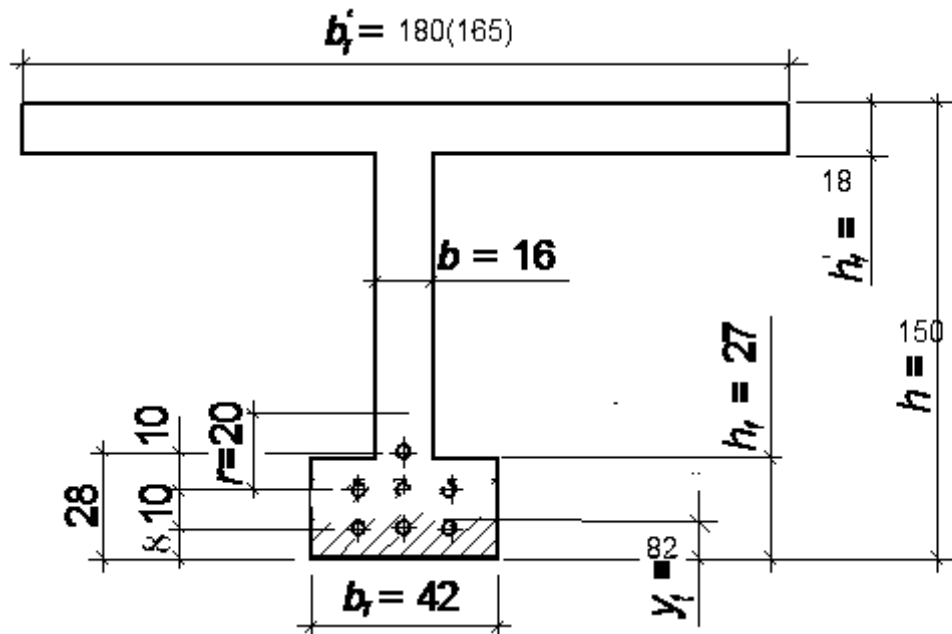
$$Q_{sw} = q_{sw1}h_0 + q_{sw2}(c_0 - h_0) = 263 \cdot 1420 + 113 \cdot (1751 - 1420) =$$

$$= 410863 \quad = 411 \quad .$$

$$Q = 521 < Q_b + Q_{sw} = 261 + 411 = 672 \quad ,$$

### 2.1.6.

. 8.



. 8.

( )

$$n_1 = \frac{E_p}{E_b} = \frac{177000}{36000} = 4,92.$$

$$\begin{aligned} A_{red} &= A_b + (n_1 - 1)A_p = h'_f (b'_f - b) + h_r (b_f - b) + hb + (n_1 - 1)A_p = \\ &= 18 \cdot (165 - 16) + 27 \cdot (42 - 16) + 150 \cdot 16 + (4,92 - 1) \cdot 30,18 = \\ &= 5902 \quad ^2, \end{aligned}$$

$A_b -$

$$\begin{aligned} S_{red} &= h'_f (b'_f - b) \left( h - 0,5h'_f \right) + 0,5h_r^2 (b_f - b) + 0,5h^2 b + (n_1 - 1)A_p a = \\ &= 18 \cdot (165 - 16) (150 - 0,5 \cdot 18) + 0,5 \cdot 27^2 \cdot (42 - 16) + 0,5 \cdot 150^2 \cdot 16 + \\ &+ (4,92 - 1) \cdot 30,18 \cdot 15,1 = 569425 \quad ^3, \end{aligned}$$

$a -$

$$a = \frac{\sum a_i}{n} = \frac{3 \cdot 8 + 3 \cdot 18 + 1 \cdot 28}{7} = 15,1$$



$$y_c = \frac{S_{red}}{A_{red}} = \frac{569425}{5902} = 96,4 \quad .$$

$$\begin{aligned} I_{red} &= \frac{(b'_f - b)h_f^3}{12} + (b'_f - b)h_f (h - y_c - 0,5h_f)^2 + \\ &+ \frac{(b_f - b)h_f^3}{12} + (b_f - b)h_f (y_c - 0,5h_f)^2 + \\ &+ \frac{bh^3}{12} + bh(y_c - 0,5h)^2 + (n_1 - 1)A_p(y_c - a)^2 = \\ &= \frac{(165 - 16) \cdot 18^3}{12} + (165 - 16) \cdot 15 \cdot (150 - 96,4 - 0,5 \cdot 18)^2 + \\ &+ \frac{(42 - 16) \cdot 27^3}{12} + (42 - 16) \cdot 27 \cdot (96,4 - 0,5 \cdot 27)^2 + \\ &+ \frac{16 \cdot 150^3}{12} + 16 \cdot 150 \cdot (96,4 - 0,5 \cdot 150)^2 + (4,92 - 1) \cdot 30,18 \cdot (96,4 - 15,1)^2 = \\ &= 16145878 \quad . \end{aligned}$$

$$e_{0,p} = y_c - a = 96,4 - 15,1 = 81,3 \quad .$$

$$\begin{aligned} A_{red} &= h'_f (b'_f - b) + h_f (b_f - b) + hb + (n_1 - 1)A_p = \\ &= 18 \cdot (180 - 16) + 27 \cdot (42 - 16) + 150 \cdot 16 + (4,92 - 1) \cdot 30,18 = 6253 \quad . \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{red} &= h'_f (b'_f - b)(h - 0,5h_f) + 0,5h_f^2 (b_f - b) + 0,5h^2 b + (n_1 - 1)A_p a = \\ &= 18 \cdot (180 - 16)(150 - 0,5 \cdot 18) + 0,5 \cdot 27^2 \cdot (42 - 16) + 0,5 \cdot 150^2 \cdot 16 + \\ &+ (4,92 - 1) \cdot 30,18 \cdot 15,1 = 629253 \quad . \end{aligned}$$

$$y_c = \frac{S_{red}}{A_{red}} = \frac{629253}{6253} = 100,6 \quad .$$

$$\begin{aligned}
I_{red} &= \frac{(b'_f - b)h'_f{}^3}{12} + (b'_f - b)h'_f(h - y_c - 0,5h'_f)^2 + \\
&+ \frac{(b_f - b)h_f^3}{12} + (b_f - b)h_f(y_c - 0,5h_f)^2 + \\
&+ \frac{bh^3}{12} + bh(y_c - 0,5h)^2 + (n_1 - 1)A_p(y_c - a)^2 = \\
&= \frac{(180 - 16) \cdot 18^3}{12} + (180 - 16) \cdot 18 \cdot (150 - 100,6 - 0,5 \cdot 18)^2 + \\
&+ \frac{(42 - 16) \cdot 27^3}{12} + (42 - 16) \cdot 27 \cdot (100,6 - 0,5 \cdot 27)^2 + \\
&+ \frac{16 \cdot 150^3}{12} + 16 \cdot 150 \cdot (100,6 - 0,5 \cdot 150)^2 + (4,92 - 1) \cdot 30,18 \cdot (100,6 - 15,1)^2 = \\
&= 17818354 \quad .
\end{aligned}$$

$$e_{0p} = y_c - a = 100,6 - 15,1 = 85,5 \quad .$$

[11] . 4.

:

—

$$\begin{aligned}
\sigma_1 &= 0,5 \left( 0,22 \frac{\sigma_p}{R_{p,ser}} - 0,2 \right) \sigma_p = \\
&= 0,5 \cdot \left( 0,22 \cdot \frac{1000}{1335} - 0,1 \right) \cdot 1000 = 324 \quad ;
\end{aligned}$$

—

$$\sigma_2 = 1,25\Delta t = 1,25 \cdot 65 = 81,3 \quad ;$$

—

$$\sigma_3 = \frac{\Delta l}{l} E_p = \frac{2 + 2}{24000} \cdot 177000 = 29,5 \quad ;$$

—

$$\sigma_4 = 0;$$

—

$$\sigma_5 = 30 \quad .$$

$\sigma_1 - \sigma_5:$

$$\sigma_p = 1000 - 32,4 - 81,3 - 29,5 - 30 = 826,8 \quad .$$

$$P = A_p \dagger_p = 3018 \cdot 826,8 = 2495283 \quad .$$

(

),

30, .

$$R_{bp} = 17 \quad .$$

$$g_n = A_b G = 0,5784 \cdot 25 = 14,5 \quad / \quad .$$

$$M_w = \frac{g_n l^2}{8} = \frac{14,5 \cdot 24^2}{8} = 1044 \quad . \quad .$$

$$\begin{aligned} \sigma_{bp} &= \frac{P}{A_{red}} + \frac{P e_{0p}^2 - M_w e_{0p}}{I_{red}} = \\ &= \frac{2495283}{590200} + \frac{2495283 \cdot 795^2 - 1044 \cdot 10^6 \cdot 795}{16145878 \cdot 10^4} = 8,9 \quad . \end{aligned}$$

$$\frac{\dagger_{bp}}{R_{bp}} = \frac{8,9}{17} = 0,57 < 0,8,$$

$$\dagger_6 = 0,85 \cdot 40 \frac{\dagger_{bp}}{R_{bp}} = 0,85 \cdot 40 \cdot 0,57 = 19,4 \quad .$$

,

$$\dagger_{los1} = 32,4 + 81,3 + 29,5 + 30 + 19,4 = 192,6 \quad .$$

:

—

$$\sigma_1 = 0,5 \left( 0,22 \frac{\sigma_p}{R_{p,ser}} - 0,2 \right) \sigma_p =$$

$$= 0,5 \cdot \left( 0,22 \cdot \frac{1000}{1335} - 0,1 \right) \cdot 1000 = 324 \quad ;$$

—

$$\sigma_7 = 40 \quad .$$

$\sigma_1 - \sigma_6 :$

$$\dagger_p = 1000 - 32,4 - 81,3 - 29,5 - 30 - 32,4 - 19,4 = 771 \quad .$$

$$P = A_p \dagger_p = 3018 \cdot 771 = 2326878 \quad = 2327 \quad .$$

$$\sigma_{bp} = \frac{P}{A_{red}} + \frac{P e_{0p}^2 - M_{ng} e_{0p}}{I_{red}} =$$

$$= \frac{2326878}{625300} + \frac{2326878 \cdot 855^2 - 1521 \cdot 10^6 \cdot 855}{17818353 \cdot 10^4} = 5,9 \quad ,$$

$M_{ng}$  —

$$M_{ng} = q_n \Omega = 22,21 \cdot 68,45 = 1521 \quad \cdot (q_n \quad \Omega \quad \cdot [11] \quad .$$

7.3 . 28).

$$\frac{\dagger_{bp}}{R_{bp}} = \frac{5,9}{17} = 0,38 < 0,75 \quad ,$$

$$\dagger_8 = 0,85 \cdot 150 \frac{\dagger_{bp}}{R_{bp}} = 0,85 \cdot 150 \cdot 0,38 = 48,5 \quad .$$

$$\dagger_{los2} = 32,4 + 40 + 48,5 = 121 \quad .$$

$$\dagger_{los} = \dagger_{los1} + \dagger_{los2} = 192,6 + 121 = 313,6 \quad .$$

$$P = A_p (\dagger_p - \dagger_{los1}) = 3018 \cdot (1000 - 192,6) = 2436733 \quad .$$

$$P = A_p (\dot{t}_p - \dot{t}_{los}) = 3018 \cdot (1000 - 313,6) = 2071555 \quad .$$

$$[11] \quad . \quad 2.7$$

$$2 \quad .$$

$$\Delta_{cr} \quad 0,015 \quad . \quad ,$$

:

$$- \quad 11$$

$$M_{nv} = P(\sum y_i) \eta_p + v\Omega^+ \eta_v + p\Omega^+ \eta_n = 107,9 \cdot (5,85 + 5,1) \cdot 0,406 + \\ + 10,78 \cdot 68,45 \cdot 0,387 + 3,46 \cdot 68,45 \cdot 0,25 = 822,5 \quad . \quad ;$$

$$- \quad -80$$

$$M_{nv} = v\Omega^+ \eta_v = 60,25 \cdot 68,45 \cdot 0,319 = 1315 \quad . \quad .$$

$$M_{nv} = 598 \quad . \quad .$$

$$M_n = M_{ng} + M_{nv} = 1521 + 822,5 = 2344 \quad . \quad .$$

$$\sigma_b = \frac{M_n - Pe_{0p}}{I_{red}} y_c - \frac{P}{A_{red}} = \\ = \frac{2344 \cdot 10^6 - 2071555 \cdot 855}{178,2 \cdot 10^9} \cdot 1006 - \frac{2071555}{625300} = 0,03 \quad .$$

$$\dot{t}_{mt} = \dot{t}_b = 0,03 \quad < 1,4 R_{bt,ser} = 1,4 \cdot 1,25 = 1,75 \quad ,$$

$$\sigma_{mc} = \sigma_b = \frac{P}{A_{red}} - \frac{M_{ng} - Pe_{0p}}{I_{red}} y_c =$$

$$= \frac{2017555}{625300} - \frac{1521 \cdot 10^6 - 2017555 \cdot 855}{178,2 \cdot 10^9} \cdot 1006 = 4,8 > 1,6 ,$$

$$\sigma_b = \frac{M_n - Pe_{0p}}{I_{red}} (y_c - y_t) - \frac{P}{A_{red}} = 0, \dots$$

$$y_t = y_c - \frac{PI_{red}}{A_{red}(M_n - Pe_{0p})} =$$

$$= 1006 - \frac{2017555 \cdot 178,2 \cdot 10^9}{625300 \cdot (2344 \cdot 10^6 - 2017555 \cdot 855)} = 82$$

$y_t$   $h_f$  ( .

8),

$$A_p = 1294^2,$$

= 80 .

$$A_{red,t} = b_f y_t + (n_1 - 1)A_p = 42 \cdot 8,2 + (4,92 - 1) \cdot 12,94 = 387^2,$$

$$y_t > h_f$$

$$A_{red,t} = (b_f - b)h_f + by_t + (n_1 - 1)A_p;$$

$$S_{red,t} = 0,5b_f y_t^2 + (n_1 - 1)A_p a =$$

$$= 0,5 \cdot 42 \cdot 8,2^2 + (4,92 - 1) \cdot 12,94 \cdot 80 = 1750^3,$$

$$y_t > h_f$$

$$S_{red,t} = 0,5(b_f - b)h_f^2 + 0,5 \cdot by_t^2 + (n_1 - 1)A_p a;$$

—

$$y_{ct} = \frac{S_{red,t}}{A_{red,t}} = \frac{1750}{387} = 4,5 \quad .$$

$$\begin{aligned} \sigma_{bt} &= \frac{M_n - Pe_{0p}}{I_{red}} (y_c - y_{ct}) - \frac{P}{A_{red}} = \\ &= \frac{2344 \cdot 10^6 - 2017555 \cdot 855}{178,2 \cdot 10^9} \cdot (1006 - 45) - \frac{2017555}{625300} = 0,112 \quad . \end{aligned}$$

$$\sim_p = \frac{A_p}{A_t} = \frac{12,94}{344,4} = 0,037,$$

$$A_t -$$

$$A_t = b_f y_t = 42 \cdot 8,2 = 344,4 \quad , \quad y_t > h_f$$

$$A_t = (b_f - b)h_f + by_t.$$

$$\Delta \dagger_p = \frac{\dagger_{bt}}{\sim_p} = \frac{0,112}{0,037} = 2,94 \quad ,$$

$$\sigma_{bt} -$$

;

$$\mu_p -$$

,

( , , ,

$\mu_p$

).

[11] (53):

$$R_r = \frac{A_r}{\sum Snd} = \frac{344,4}{0,65 \cdot 6 \cdot 4} = 21,5 \quad ,$$

$A_r$  –

$$r = 5d = 5 \cdot 4 = 20 \quad .$$

( . . 8),

$$A_r = A_t = 344,4 \quad ^2.$$

[11] (52):

$$a_{cr} = \frac{\Delta \dagger_p}{E_p} \mathbb{E} = \frac{2,94}{1,77 \cdot 10^5} \cdot 7,53 = 0,000025 \quad ,$$

$\Psi$  –

$$\mathbb{E} = 0,35R_r = 0,35 \cdot 21,5 = 7,53 \quad .$$

$$a_{cr} = 0,000025 < \Delta_{cr} = 0,015 \quad ,$$

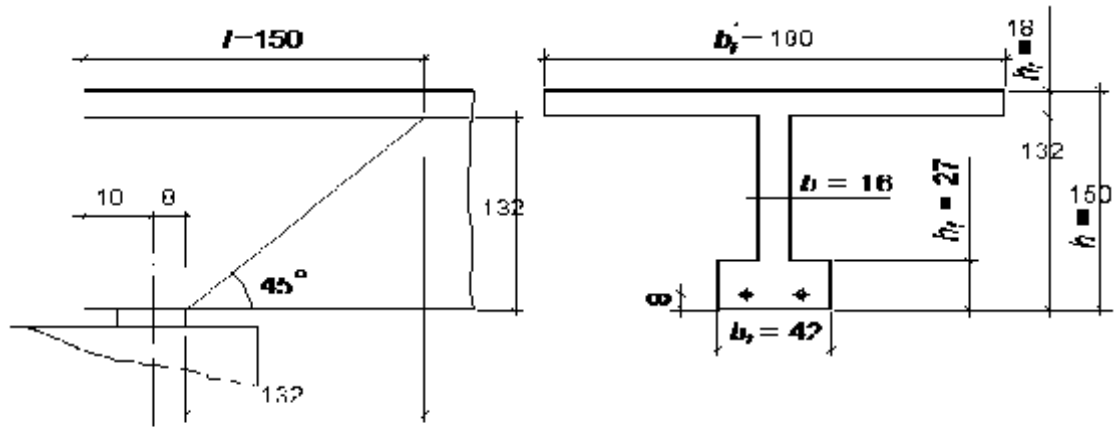
[11]

3 ,

( . . 9).

(2 5, . 5).





. 9.

:

$$Q_0 = q_n \Omega + P(\sum y_i) \eta_p (1 + \mu) + v \Omega^+ \eta_v (1 + \mu) + \rho \Omega^+ \eta_n (1 + \mu) =$$

$$= 22,21 \cdot 11,7 + 107,9 \cdot (1 + 0,94) \cdot 0,406 \cdot 1,16 +$$

$$+ 10,78 \cdot 11,7 \cdot 0,387 \cdot 1,16 + 3,46 \cdot 11,7 \cdot 0,25 \cdot 1 = 425,2 \quad ;$$

$$- \quad , \quad -80$$

$$Q_0 = q_n \Omega + v \Omega^+ \eta_v (1 + \mu) =$$

$$= 22,21 \cdot 11,7 + 62,0 \cdot 11,7 \cdot 0,319 \cdot 1,1 = 514,4 \quad .$$

$$Q_0 = 514,4 \quad .$$

:

$$A_{red} = h_f' (b_f' - b) + h_f (b_f - b) + hb + (n_1 - 1) A_p =$$

$$= 18 \cdot (180 - 16) + 27 \cdot (42 - 16) + 150 \cdot 16 + (4,92 - 1) \cdot 8,63 = 6087 \quad ^2;$$

$$S_{red} = h_f' (b_f' - b) (h - 0,5 h_f') + 0,5 h_f'^2 (b_f - b) + 0,5 h^2 b + (n_1 - 1) A_p a =$$

$$= 18 \cdot (180 - 16) (150 - 0,5 \cdot 18) + 0,5 \cdot 27^2 \cdot (42 - 16) + 0,5 \cdot 150^2 \cdot 16 +$$

$$+ (4,92 - 1) \cdot 8,63 \cdot 8 = 605980 \quad ^3;$$

$$y_c = \frac{S_{red}}{A_{red}} = \frac{605980}{6087} = 99,5 \quad ;$$

$$\begin{aligned}
 I_{red} &= \frac{(b'_f - b)h'_f{}^3}{12} + (b'_f - b)h'_f (h - y_c - 0,5h'_f)^2 + \\
 &+ \frac{(b_f - b)h_f^3}{12} + (b_f - b)h_f (y_c - 0,5h_f)^2 + \\
 &+ \frac{bh^3}{12} + bh(y_c - 0,5h)^2 + (n_1 - 1)A_p (y_c - a)^2 = \\
 &= \frac{(180 - 16) \cdot 18^3}{12} + (180 - 16) \cdot 18 \cdot (150 - 99,5 - 0,5 \cdot 18)^2 + \\
 &+ \frac{(42 - 16) \cdot 27^3}{12} + (42 - 16) \cdot 27 \cdot (99,5 - 0,5 \cdot 27)^2 + \\
 &+ \frac{16 \cdot 150^3}{12} + 16 \cdot 150 \cdot (99,5 - 0,5 \cdot 150)^2 + (4,92 - 1) \cdot 8,63 \cdot (99,5 - 8)^2 = \\
 &= 16632100 \quad ;
 \end{aligned}$$

$$e_{0,p} = y_c - a = 99,5 - 8 = 91,5 \quad ;$$

$$S = b'_f h'_f (h - y_c - 0,5h'_f) = 180 \cdot 18 \cdot (150 - 99,5 - 0,5 \cdot 18) = 134460 \quad .$$

$$\sigma_{los} = 3021 \quad , \quad \sigma_{los1} = 196,4 \quad .$$

$$P = A_p (\dot{t}_p - \dot{t}_{los}) = 863 \cdot (1000 - 302,1) = 602288 \quad .$$

$$P = A_p (\dot{t}_p - \dot{t}_{los}) = 863 \cdot (1000 - 194,6) = 695060 \quad .$$

$\sigma_{bx}$

( )

[11] (50).

. 8.

$$\tau_{by} = -\frac{Q_0}{bl} = -\frac{544400}{160 \cdot 1500} = -1,62 \quad ,$$

$$l = 1500 \quad .$$

$\sigma_x$

$$\begin{aligned} \sigma_{bx} &= \frac{Pe_{0p}}{I_{red}} (h - y_c - h'_f) - \frac{P}{A_{red}} = \\ &= \frac{602288 \cdot 915}{16632100 \cdot 10^4} \cdot (1500 - 995 - 180) - \frac{602288}{608700} = -0,008 \quad . \end{aligned}$$

«-» , .

$$\tau_b = \frac{QS}{I_{red} b} = \frac{544400 \cdot 134460 \cdot 10^3}{16632100 \cdot 10^4 \cdot 160} = 2,7 \quad .$$

(51) :

$$\tau_b = 2,7 \leq m_{b6} R_{b,sh} = 1,602 \cdot 3,6 = 5,767 \quad ,$$

$$m_{b6} - \quad , \quad -$$

:

$$- \quad \sigma_{by} \leq 0,98$$

$$m_{b6} = 1 + 1,5 \frac{\sigma_{by}}{R_{b,sh}} = 1 + 1,5 \cdot \frac{1,62}{3,6} = 1,675 \quad ;$$

$$- \quad \sigma_{by} \geq 2,94$$

$$m_{b6} = 1 + \frac{\sigma_{by}}{R_{b,sh}} = 1 + \frac{1,62}{3,6} = 1,45 \quad .$$

[1] (50):

$$\sigma_{mt} = \frac{1}{2} (\sigma_{bx} + \sigma_{by}) + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{bx} - \sigma_{by})^2 + 4\tau_b^2} =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (0,19 - 2,2) + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(0,19 + 2,2)^2 + 4 \cdot 2,7^2} = 1,779 \quad ;$$

$$\sigma_{mc} = \frac{1}{2} (\sigma_{bx} + \sigma_{by}) - \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{bx} - \sigma_{by})^2 + 4\tau_b^2} =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (0,19 - 2,2) - \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(0,19 + 2,2)^2 + 4 \cdot 2,7^2} = -3,95 \quad .$$

$$\frac{\dagger_{mc}}{R_{b,mc2}} = \frac{3,95}{19,6} = 0,21 < 0,52,$$

$$\max \sigma_{mt} \qquad \qquad \qquad 2,15$$

$$0,85 R_{bt,ser} = 0,85 \cdot 2,1 = 1,785 \quad .$$

$$\dagger_{mt} = 1,779 \qquad < \max \sigma_{mt} = 1,785 \quad , \quad ,$$

### 2.1.7.

11

-80

-80

11

-80

$$M_{nv} = v\Omega^+ \eta_v + p\Omega^+ \eta_n =$$

$$= 60,25 \cdot 68,45 \cdot 0,319 + 3,46 \cdot 68,45 \cdot 0,25 = 1316 \quad . \quad .$$

11 -80.

[11] . 5.

40 . 2 . 5

$$c_n = 0,9 \cdot 67 \cdot 10^{-6} \cdot^{-1} = 60,3 \cdot 10^{-6} \cdot^{-1},$$

«0,9»

$\xi_1$  [11] . 3 . 5 :  $\xi_1 =$

1,288 (  $r = R_{bp} / R_b = 17 / 22 = 0,775$  ).

$\xi_2$  [1] . 4 . 5

:

-  $\Delta t \leq 28$   $\xi_2 = 1;$

-  $\Delta t = 2$  (730 )  $\xi_2 = 0,5.$

( . 8):

$$A = (b'_f - b)h'_f + (b_f - b)h_f + bh =$$

$$= 18 \cdot (180 - 16) + (42 - 16) \cdot 27 + 16 \cdot 150 = 6054 \text{ }^2.$$

$$\Pi = 2(b'_f + b_f + h - h'_f - h_f - b) =$$

$$= 2(180 + 42 + 150 - 18 - 27 - 16) = 622 \text{ }.$$

$$m = \frac{A}{\Pi} = \frac{6054}{622} = 9,73 \text{ }.$$

,

$\alpha_m$   $\xi_3$ , [11] . 1 . 5:  $\alpha_m = 122$

;  $\xi_3 = 0,74.$

$\xi_4$  [11] . 5 . 5

$W = 52\%$ ,  $\xi_4 = 1,23.$

(6) . 5:

$$- \quad \Delta t \leq 28$$

$$c_{lim} = c_n \xi_1 \xi_2 \xi_3 \xi_4 = 60,3 \cdot 10^{-6} \cdot 1,288 \cdot 1 \cdot 0,74 \cdot 1,23 = 70,7 \cdot 10^{-6} \quad -1;$$

$$- \quad \Delta t = 2 \quad (730 \quad )$$

$$c_{lim} = c_n \xi_1 \xi_2 \xi_3 \xi_4 = 60,3 \cdot 10^{-6} \cdot 1,288 \cdot 0,5 \cdot 0,74 \cdot 1,23 = 35,35 \cdot 10^{-6} \quad -1.$$

[11] (3)–(8) . 5:

-

$$(\Delta t \leq 28 \quad < \alpha_m = 122 \quad )$$

$$c_t = 0,5 c_{lim} \sqrt{\frac{\Delta t}{\alpha_m}} = 0,5 \cdot 70,7 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{28}{122}} = 16,9 \cdot 10^{-6} \quad -1;$$

$$\varphi_t = c_t E_b = 16,9 \cdot 10^{-6} \cdot 32500 = 0,55;$$

$$B_p^* = \frac{0,85 E_b I_{red}}{1 + \xi_t} = \frac{0,85 \cdot 32500 \cdot 161,5 \cdot 10^9}{1 + 0,55} = 2878 \cdot 10^{12} \quad . \quad 2;$$

-

$$(\Delta t = 2 \cdot 365 = 730 \quad > \alpha_m = 122 \quad )$$

$$c_t = \frac{c_{lim} \Delta t}{\alpha_m + \Delta t} = \frac{70,7 \cdot 10^{-6} \cdot 730}{122 + 730} = 60,6 \cdot 10^{-6} \quad -1;$$

$$\varphi_t = c_t E_b = 60,6 \cdot 10^{-6} \cdot 32500 = 1,97;$$

$$B_p^* = \frac{0,85 E_b I_{red}}{1 + \xi_t} = \frac{0,85 \cdot 32500 \cdot 161,5 \cdot 10^9}{1 + 1,97} = 1502 \cdot 10^{12} \quad . \quad 2;$$

-

$$(\Delta t \leq 28 \quad < \alpha_m = 122 \quad )$$

$$c_t = 0,5 c_{lim} \sqrt{\frac{\Delta t}{\alpha_m}} = 0,5 \cdot 70,7 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{28}{122}} = 16,9 \cdot 10^{-6} \quad -1;$$

$$\varphi_t = c_t E_b = 16,9 \cdot 10^{-6} \cdot 36000 = 0,61;$$

$$B_g^* = \frac{0,85 E_b I_{red}}{1 + \xi_t} = \frac{0,85 \cdot 36000 \cdot 178,2 \cdot 10^9}{1 + 0,61} = 3387 \cdot 10^{12} \quad . \quad 2;$$

$$\Delta t = 2 \cdot 365 = 730 \quad > \alpha_m = 122 \quad )$$

$$c_t = \frac{c_{lim} \Delta t}{\alpha_m + \Delta t} = \frac{70,7 \cdot 10^{-6} \cdot 730}{122 + 730} = 60,6 \cdot 10^{-6} \quad -1;$$

$$\varphi_t = c_t E_b = 60,6 \cdot 10^{-6} \cdot 36000 = 2,18;$$

$$B_g^* = \frac{0,85 E_b I_{red}}{1 + \varphi_t} = \frac{0,85 \cdot 36000 \cdot 178,2 \cdot 10^9}{1 + 2,18} = 1715 \cdot 10^{12} \quad \cdot \quad 2;$$

$$B = 0,85 E_b I_{red} = 0,85 \cdot 36000 \cdot 178,2 \cdot 10^9 = 5453 \cdot 10^{12} \quad \cdot \quad 2.$$

:

$$\frac{1}{\dots_p} = \frac{Pe_{0p}}{B_p^*} = \frac{2436733 \cdot 79,5}{2878 \cdot 10^{12}} = 0,06 \cdot 10^{-6} \quad -1;$$

$$\frac{1}{\dots_p} = \frac{Pe_{0p}}{B_p^*} = \frac{2071555 \cdot 855}{1502 \cdot 10^{12}} = 0,16 \cdot 10^{-6} \quad -1;$$

$$\frac{1}{\dots_g} = \frac{M_{ng}}{B_g^*} = \frac{1521 \cdot 10^6}{3387 \cdot 10^{12}} = 0,44 \cdot 10^{-6} \quad -1;$$

$$\frac{1}{\dots_g} = \frac{M_{ng}}{B_g^*} = \frac{1521 \cdot 10^6}{1715 \cdot 10^{12}} = 0,8 \cdot 10^{-6} \quad -1;$$

$$\frac{1}{\dots_v} = \frac{M_{nv}}{B} = \frac{1316 \cdot 10^6}{5453 \cdot 10^{12}} = 0,24 \cdot 10^{-6} \quad -1.$$

:

$$f_p = \frac{5}{48} \cdot l_0^2 \cdot \frac{1}{\dots_p} = \frac{5}{48} \cdot 23400^2 \cdot 0,06 \cdot 10^{-6} = 3,4 \quad ;$$

—

$$f_p = \frac{5}{48} \cdot l_0^2 \cdot \frac{1}{\dots_p} = \frac{5}{48} \cdot 23400^2 \cdot 0,16 \cdot 10^{-6} = 9,1 \quad .$$

—

$$f_g = \frac{5}{48} \cdot l_0^2 \cdot \frac{1}{\dots_g} = \frac{5}{48} \cdot 23400^2 \cdot 0,44 \cdot 10^{-6} = 25 \quad ;$$

—

$$f_g = \frac{5}{48} \cdot l_0^2 \cdot \frac{1}{\dots_g} = \frac{5}{48} \cdot 23400^2 \cdot 0,88 \cdot 10^{-6} = 50,2 \quad ;$$

—

$$f_v = \frac{5}{48} \cdot l_0^2 \cdot \frac{1}{\dots_v} = \frac{5}{48} \cdot 23400^2 \cdot 0,24 \cdot 10^{-6} = 13,6 \quad .$$

$f_v$

[f],

:

$$[f] = \frac{l_0}{400} = \frac{23400}{400} = 58,5 \quad ,$$

,

:

$$f_g - f_p + 0,4f_v = 50,2 - 3,4 + 0,4 \cdot 13,6 = 41,36 \quad .$$

[11] (58)

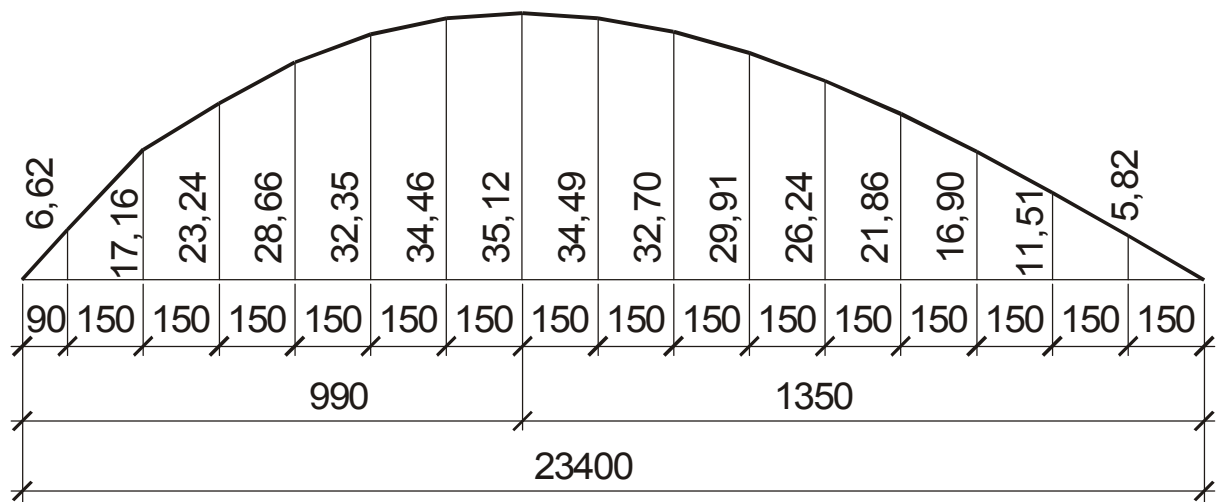
( . 10).

[11] (60)

:

$$x = 0,4226l = 0,4226 \cdot 23,4 = 9,9 \quad .$$





. 10.

, <sup>2</sup> ( )

$$x = 0,9$$

$$y = \frac{x(l-x)(2l-x)}{6Bl} = \frac{0,9 \cdot (23,4 - 0,9) \cdot (2 \cdot 23,4 - 0,9)}{6 \cdot B \cdot 23,4} = \frac{6,62}{B} \text{ ,}$$

$$x = 2,4$$

$$y = \frac{x(l-x)(2l-x)}{6Bl} = \frac{2,4 \cdot (23,4 - 2,4) \cdot (2 \cdot 23,4 - 2,4)}{6 \cdot B \cdot 23,4} = \frac{17,16}{B} \text{ ,}$$

$$x = 3,9$$

$$y = \frac{x(l-x)(2l-x)}{6Bl} = \frac{3,9 \cdot (23,4 - 3,9) \cdot (2 \cdot 23,4 - 3,9)}{6 \cdot B \cdot 23,4} = \frac{23,24}{B} \text{ ,}$$

$$x = 5,4$$

$$y = \frac{x(l-x)(2l-x)}{6Bl} = \frac{5,4 \cdot (23,4 - 5,4) \cdot (2 \cdot 23,4 - 5,4)}{6 \cdot B \cdot 23,4} = \frac{28,66}{B} \text{ ,}$$

$$x = 6,9$$

$$y = \frac{x(l-x)(2l-x)}{6Bl} = \frac{6,9 \cdot (23,4 - 6,9) \cdot (2 \cdot 23,4 - 6,9)}{6 \cdot B \cdot 23,4} = \frac{32,35}{B} \text{ ,}$$

$$x = 8,4$$

$$y = \frac{x(l-x)(2l-x)}{6Bl} = \frac{8,4 \cdot (23,4 - 8,4) \cdot (2 \cdot 23,4 - 8,4)}{6 \cdot B \cdot 23,4} = \frac{34,46}{B} \text{ ,}$$

$$x = 9,9$$

$$y = \frac{x(l-x)(2l-x)}{6Bl} = \frac{9,9 \cdot (23,4 - 9,9) \cdot (2 \cdot 23,4 - 9,9)}{6 \cdot B \cdot 23,4} = \frac{35,12}{B} \quad ^2,$$

$$x = 11,4$$

$$y = \frac{x(l-x)(2l-x)}{6Bl} = \frac{11,4 \cdot (23,4 - 11,4) \cdot (2 \cdot 23,4 - 11,4)}{6 \cdot B \cdot 23,4} = \frac{34,49}{B} \quad ^2,$$

$$x = 12,9$$

$$y = \frac{x(l-x)(2l-x)}{6Bl} = \frac{12,9 \cdot (23,4 - 12,9) \cdot (2 \cdot 23,4 - 12,9)}{6 \cdot B \cdot 23,4} = \frac{32,70}{B} \quad ^2,$$

$$x = 14,4$$

$$y = \frac{x(l-x)(2l-x)}{6Bl} = \frac{14,4 \cdot (23,4 - 14,4) \cdot (2 \cdot 23,4 - 14,4)}{6 \cdot B \cdot 23,4} = \frac{29,91}{B} \quad ^2,$$

$$x = 15,9$$

$$y = \frac{x(l-x)(2l-x)}{6Bl} = \frac{15,9 \cdot (23,4 - 15,9) \cdot (2 \cdot 23,4 - 15,9)}{6 \cdot B \cdot 23,4} = \frac{26,24}{B} \quad ^2,$$

$$x = 17,4$$

$$y = \frac{x(l-x)(2l-x)}{6Bl} = \frac{17,4 \cdot (23,4 - 17,4) \cdot (2 \cdot 23,4 - 17,4)}{6 \cdot B \cdot 23,4} = \frac{21,86}{B} \quad ^2,$$

$$x = 18,9$$

$$y = \frac{x(l-x)(2l-x)}{6Bl} = \frac{18,9 \cdot (23,4 - 18,9) \cdot (2 \cdot 23,4 - 18,9)}{6 \cdot B \cdot 23,4} = \frac{16,90}{B} \quad ^2,$$

$$x = 20,4$$

$$y = \frac{x(l-x)(2l-x)}{6Bl} = \frac{20,4 \cdot (23,4 - 20,4) \cdot (2 \cdot 23,4 - 20,4)}{6 \cdot B \cdot 23,4} = \frac{11,51}{B} \quad ^2,$$

$$x = 21,9$$

$$y = \frac{x(l-x)(2l-x)}{6Bl} = \frac{21,9 \cdot (23,4 - 21,9) \cdot (2 \cdot 23,4 - 21,9)}{6 \cdot B \cdot 23,4} = \frac{5,82}{B} \quad ^2.$$

[11] (59):

$$\Omega = \frac{l^3}{24B} = \frac{23,4^3}{24 \cdot B} = \frac{534}{B} \quad ^3.$$

:

—

$$\{\}_1 = q_n \Omega = 22,21 \cdot \frac{534}{B_g^*} = 22,21 \cdot \frac{534}{3387 \cdot 10^3} = 0,0035 = 3,5 \text{ ‰};$$

—

$$\{\}_1 = q_n \Omega = 22,21 \cdot \frac{534}{B_g^*} = 22,21 \cdot \frac{534}{1715 \cdot 10^3} = 0,0069 = 6,9 \text{ ‰}.$$

[11] (61):

—

$$\begin{aligned} \Phi_2 &= \frac{P_1 e_{0p1} + 2P_2 e_{0p2}}{6B_p^*} l = \\ &= \frac{695090 \cdot 915 + 2 \cdot 2652182 \cdot 795}{6 \cdot 3387 \cdot 10^{12}} \cdot 23400 = 0,0048 = 4,8 \text{ ‰}; \end{aligned}$$

—

$$\begin{aligned} \Phi_2 &= \frac{P_1 e_{0p1} + 2P_2 e_{0p2}}{6B_p^*} l = \\ &= \frac{602288 \cdot 915 + 2 \cdot 2071555 \cdot 855}{6 \cdot 1715 \cdot 10^{12}} \cdot 23400 = 0,009 = 9 \text{ ‰}. \end{aligned}$$

(

):

—

$$\Delta\{\} = |2\{\}_1 - 2\{\}_2| = |2 \cdot 3,5 - 2 \cdot 4,8| = 2,6 \text{ ‰},$$

$$, \quad 2 \cdot 8 \text{ ‰} = 16 \text{ ‰};$$

—

$$\Delta\{\} = |2\{\}_1 - 2\{\}_2| = |2 \cdot 6,9 - 2 \cdot 9| = 4,2 \text{ ‰},$$

$$, \quad 8 \text{ ‰}.$$

.

:

-

$$\begin{aligned}\varphi_3 &= 2(v\eta_v + p\eta_p)\Omega = \\ &= 2(10,78 \cdot 0,387 + 2,98 \cdot 0,25) \cdot \frac{534}{3155 \cdot 10^3} = 1,6 \cdot 10^{-3} = 1,6 \text{‰};\end{aligned}$$

-

$$\begin{aligned}\varphi_3 &= P\eta_p \sum y_i = \\ &= \frac{107,9 \cdot 0,406 \cdot (35,12 + 34,49)}{B} = \frac{3049}{3155 \cdot 10^3} = 0,9 \cdot 10^{-3} = 0,9 \text{‰}.\end{aligned}$$

11

$$\Delta\{\} = |2\{\}_1 - 2\{\}_2 + \{\}_3 + \{\}_4| = |2 \cdot 6,9 - 2 \cdot 9 + 1,6 + 0,9| = 1,7 \text{‰},$$

, 24‰.

-80

$$\varphi_3 = (v\eta_v + 2p\eta_p)\Omega =$$

$$= (10,78 \cdot 0,387 + 2 \cdot 2,98 \cdot 0,25) \cdot \frac{534}{3155 \cdot 10^3} = 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,8 \text{‰}.$$

-80

$$\Delta\{\} = |2\{\}_1 - 2\{\}_2 + \{\}_3| = |2 \cdot 6,9 - 2 \cdot 9 + 0,8| = 3,3 \text{‰},$$

, 13‰.

,

.

2.2.

1 2

2.2.1.

6

16

( ):

- 
- 
- 
- 

1  
6  
4  
5  
2

	-	$\gamma, / ^3$	$P_s, / ^3$	$P_d, / ^3$	$W, %$	$W_1, %$	$W_p, %$	$I_p$	$I_l$	e	$S_r$	$\phi,$	,	,
3		18,8	26,9	13,2	35	46	25	21	0,37	1,04	0,9	16,9	9	7,0
31		17,8	26,8	13,8	25	-	-	-	-	0,92	0,7	24	-	10,0
9		19,0	26,6	15,0	27	36	20	16,0	0,24	0,78	0,9	16	15	15,0

2

- ) :
- :
- ;
- ) :
-

[2].

,

,

[3].

$x_{cf} = 1$ .

,

,

[2/,

(2)]:

$$N \leq \frac{F_d}{x_k},$$

$N -$

,

;

$F_d -$

,

[2];

$k -$

,

1,4 (

).

,

$$S \leq S_u,$$

$S -$

,

,

;

$S_u -$

,

.

2.2.2.

$$N_1 \quad N_{11}$$

:

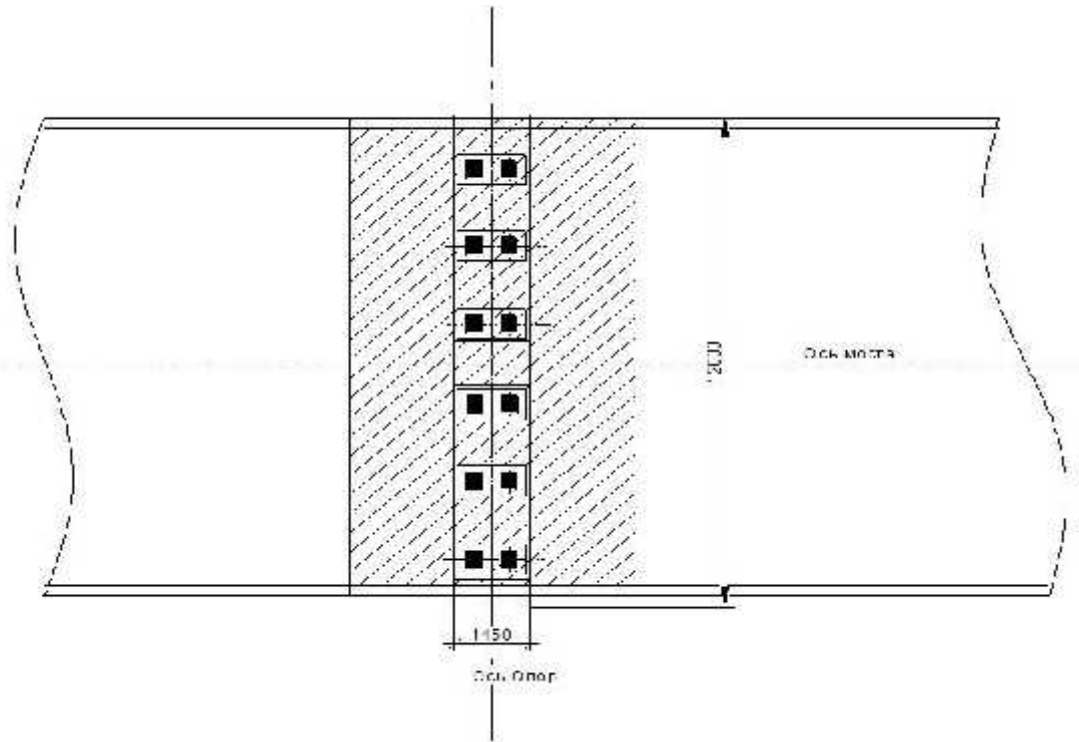
$$N_1=7176 \quad ;$$

$$N_{11}=5982 \quad .$$

:

$$G_1+N_1=425+7176=7601 \quad ;$$

$$G_{11}+N_{11}=425+6407=6407 \quad .$$



.11.

2.2.3.

2.2.4.

: 120-30.

(

).

R

f.

$$: l_i \leq 2 \quad ( \quad .13).$$

:

$$F = x_C \cdot (R \cdot A \cdot x_R + U \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot h_i \cdot x_f),$$

U – .

$$1 + 11,6 = 12,6 \text{ )}:)$$

$$R = 4700 \text{ ;}$$

$$I_l = 0,37: f_1 = 21 \text{ , } f_2 = 27 \text{ , } f_3 = 31$$

$$f_4 = 33,5 \text{ , } f_5 = 34,8$$

$$I_l = 0,24: f_6 = 59,6 \text{ .}$$

$$F_d = 1 \cdot (1 \cdot 4700 \cdot 0,09 + 1,2 \cdot ((21 + 27 + 31 + 33,5 + 34,8) \cdot 2 + 1,6 \cdot 59,6)) = 815 \text{ .}$$

:

$$N_{\text{н}} = F_d / n = 815 / 1,4 = 582$$

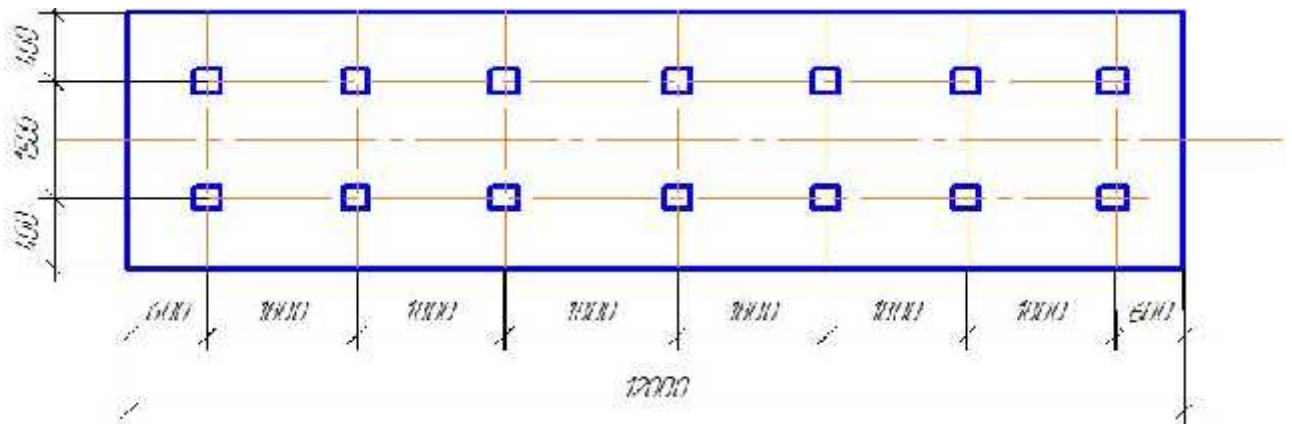
- :

$$n = (G_1 + N_1) / N_{\text{н}} = 7601 / 582 = 14 \text{ .}$$

2 7 .

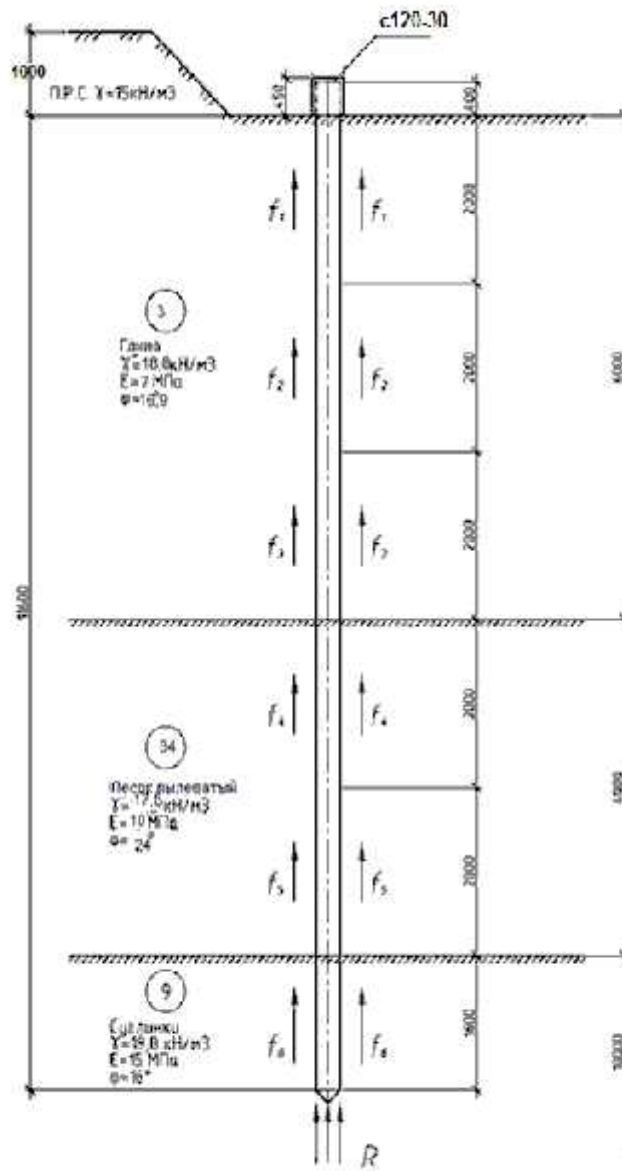
:

$$l_{3d} = 3 \cdot 0,3 = 0,9 \text{ . } 1,8 \text{ .}$$



.12





13.

2.2.5.

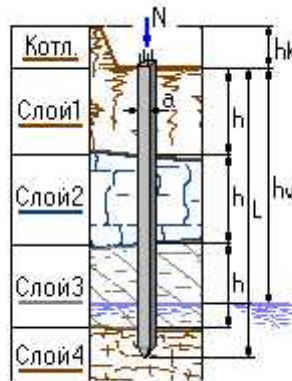
«Base 7.3».

Система общестроительных расчетов  
**Base**

:

1. -

:



:

:

( ),

				.
1		IL=0.4	6	
2			4	
3		IL=0.3	2	

:

12

( ) 0.3

1

2. -

:

$$F_d = 814.8$$

$$F_{du} = 378.24$$

342

:

		.
1	194.4	
2	163.2	
3	115.2	

24.13330.2011"

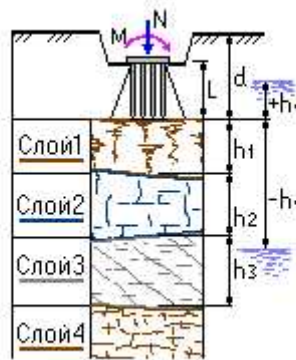
".

Система общестроительных расчетов  
**Base**

:

1. -

:



:

:

:

(d) 12.6

(H) 11.6

(b) 4.23

(a) 12.83

(Hv) -10000

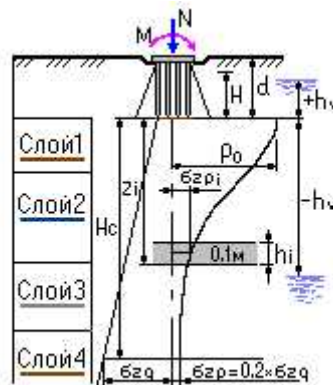
:

		,	E	.
1		6	7000	
2		4	15000	
3			10000	

1 . . . :

		.	
N	6407		
My	0	*	
Qx	0		
Mx	0	*	

2. - :



$$S = 63.11$$

$$= 0$$

$$Y = 0$$

$$(H_c) 5.1$$

24.13330.2011"

".

2.2.6.

2.2.7.

$$F = \chi_C \cdot (R \cdot A \cdot \chi_R + U \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot h_i \cdot \chi_f),$$

U - .

(

12 ):

$$R = 1100 \quad ;$$

$$I_l = 0,37: f_1 = 21 \quad , f_2 = 27 \quad , f_3 = 31$$

$$I_l = 0,45: f_4 = 33,5 \quad , f_5 = 34,8$$

$$D_c = 1,7$$

$$A_c = 2,3^2$$

$$u_c = 5,4$$

$$F_d = 1 \cdot (1 \cdot 1100 \cdot 2,3 + 5,4 \cdot ((21 + 27 + 31 + 33,5 + 34,8) \cdot 2)) = 4505 \quad .$$

:

$$N_{\dots} = F_d / n = 4505 / 1,4 = 3320$$

- :

$$n = (G_1 + N_1) \cdot 1,2 / N_{\dots} = 7601 \cdot 1,2 / 3320 = 2 \quad .$$

, :

$$l_{3d} = 3 \cdot 1,7 = 6 \quad . \quad 6 \quad .$$

:

$$b_p \times l_p = (0,7 + 0,1) \times (0,7 + 0,1) = 0,8 \times 0,8 = 0,64^2$$

$$Q_{\dots} = 0,64 \cdot 0,6 \cdot 20 = 8 \quad .$$

:

$$N = \frac{N_{11} + Q_{\dots}}{n} = \frac{7601 + 8}{2} = 3804$$

:

$$N = 3804 \quad 1,2N_{\dots} = 1,2 \cdot 3320 = 3984 \quad -$$

,



.14

2.2.8.

«Base 7.3».

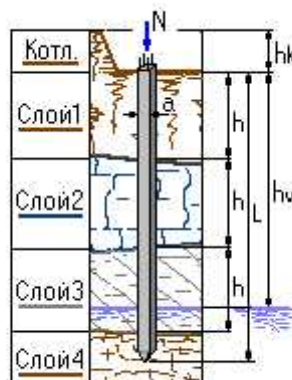
Система общестроительных расчетов

**Base**

:

1. -

:



:

:

				.
1		IL=0.4	6	
2			4	
3		IL=0.3	2	

:

12  
 ( ) 1.7  
 1

2. - :

Fd=4505.27

Fdu=1426.31

2722.38

:

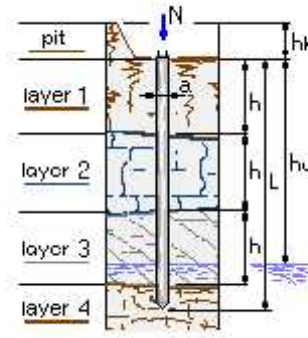
		.
1	518.85	
2	956.57	
3	307.47	

24.13330.2011"

".

Система общестроительных расчетов  
**Base**

1. - :



1		IL=0.04	6	7000	( )
2			4	15000	( )
3		IL=0.03	2	10000	( )

:

12

( ) 1.7

:

N= 6407

2. - :

(S) 73.24

( ) - (Ki) 103787.75 /  
24.13330.2011"

"



2.3.

( ),

2

: 11, -80,

«Base 7.3».



2.3.2.

,  
( ).

$$N_{II}, M_{II}, Q_{II}$$

, .

:

$$P \leq R,$$

—  
R — ,

.

,

$$S \leq S_u,$$

S — ,

S<sub>u</sub> - .

, < R,

-

=0,4

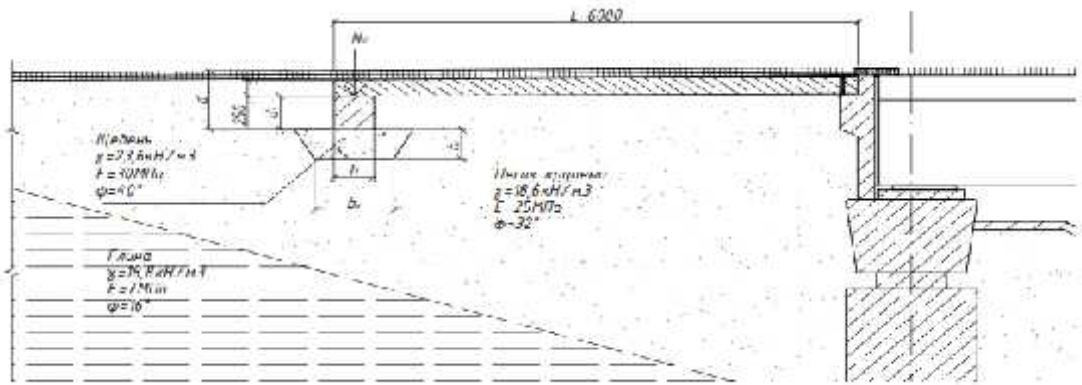
.

,

,

,

( . 15.)



15.

$$N_{II} = 473,5/8 = 60 \quad /$$

:

$$P = \frac{N_{II}}{b \cdot 1} \leq R$$

[3] (7)

$$b = 0,6 \quad .$$

$$R = \frac{X_{c1} \cdot X_{c2}}{k} [M_x k_z b x_{II} + M_q d_1 x'_{II} + M_c c_{II}]$$

$$X_{c1} \quad X_{c2} \quad ;$$

$$k = 1, \quad ( \quad c )$$

;

$$X, \quad q, \quad c \quad , \quad . 4 [1];$$

$$k_z \quad , \quad b < 10 \quad k_z = 1,$$

$$b \quad , \quad ;$$

$$II \quad ,$$

$$( \quad );$$

$$, \quad II \quad , \quad , \quad ;$$

$$- \quad , \quad ,$$

$$, \quad ;$$

$$d_1=0,4 \quad \Pi=40^\circ: M_x = 2,46; M_q = 10,85; x_{c1} = 1,4; x_{c2} = 1,2;$$

$$k = 1; x_{II} = 17 \quad / \quad ^3; x'_{II} = 15 \quad / \quad ^3; \Pi=0; =30$$

:

$$R = \frac{1,4 \cdot 1,2}{1} [2,46 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 17 + 10,85 \cdot 0,4 \cdot 15] = 151,4$$

:

$$b = \frac{N_{II}}{R} \times 1,1 = \frac{60}{151,4} \times 1,1 = 0,5$$

:

$$A = b \cdot 1 = \frac{N_{II}}{R} = \frac{60}{151,4} = 0,5 \cdot 1$$

$$b = 0,5$$

:

$$R = \frac{1,4 \cdot 1,2}{1} [2,46 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 17 + 10,85 \cdot 0,4 \cdot 15] = 144,6$$

:

$$P = \frac{60}{0,5 \cdot 1} = 120 < R = 144,6$$

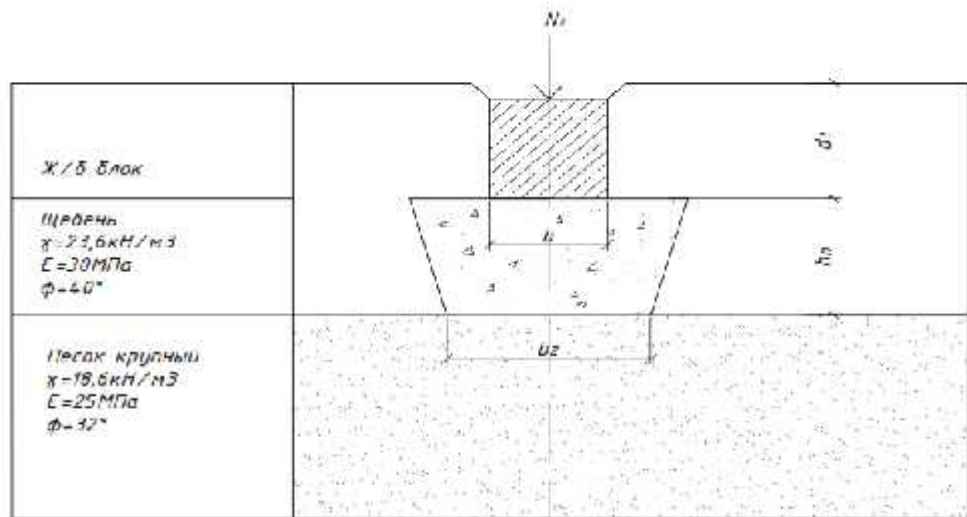
,

0,5 .

### 2.3.2.1.

h :

$$h \geq 0,4$$



16.

$$: \tau_{zp} + \tau_{zq} \leq R_z$$

$R_z$

$b_z$ :

$$b_z = b + 2a$$

$$a = z \cdot \text{tga} = 0,4 \cdot 1 = 0,4$$

$$b_z = 0,5 + 2 \cdot 0,4 = 1,3$$

$$\{ \mu = 32^\circ, \mu = 0; E = 25, x_{II} = 17 / ^3; x = 1,34; q = 6,34; x_1 = 1,4; x_2 = 1,2$$

$$x'_{II} = \frac{15 \cdot 0,8 + 18,2 \cdot 0,2}{0,8 + 0,2} = 15,64 / ^3$$

$$R_z = \frac{1,4 \cdot 1,2}{1} [1,34 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 17 + 6,34 \cdot 0,9 \cdot 15,64] = 203,2$$

$z_p \quad z_q,$

:

$$P = \frac{N_{II}}{2} = \frac{60}{2} = 30$$

$$\tau_{zq} = 15 \cdot 0,8 + 0,2 \cdot 18,2 + 0,4 \cdot 17 = 22,44 \quad ;$$

$$\tau_{zq0} = 15 \cdot 0,8 + 0,2 \cdot 18,2 = 15,64 \quad ;$$

$$P_0 = -\tau_{zq0} = 30 - 15,64 = 14,36 \quad ;$$

$$\tau_z = \tau_0 \cdot r; v = \frac{2h}{b} = \frac{2 \cdot 0,4}{0,5} = 1,6;$$

$$y = \frac{l}{b} = \frac{8}{0,5} = 16; r = 0,5;$$

$$t_z = 14,36 \cdot 0,5 = 7,18 \quad ;$$

$$t_z + t_{zq} = 7,18 + 22,44 = 29,62 \leq R_z = 203,5 \quad ;$$

$$h \geq 0,4 \quad .$$

### 2.3.2.2.

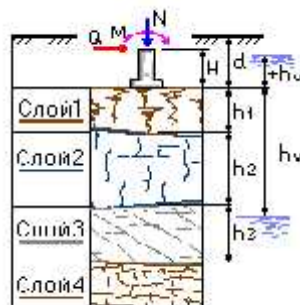
0,95-1,0

=25 .

=30

«Base 7.3».

Система общестроительных расчетов  
**Base**



(d) 0,95

(H) 0,5

(b) 0,5

(Hv) -100

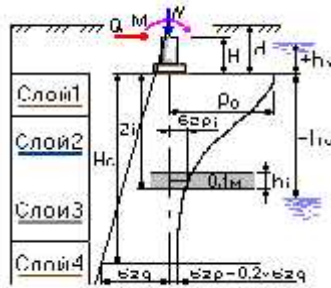
:

		,	E	.
1	.	0,4	30000	
2		2	25000	
3			7000	

1 . . . :

		.	
N	60		
My	0	*	
Qx	0		

:



$$S = 20,13$$

$$= 0$$

$$Y = 0$$

$$(H_c) 3$$

24.13330.2011"

".

### 2.3.3.

#### 2.3.3.1.

2

:

)

:

—

:

—

;



) :

-

[3].

,

.

$x_{cf} = 1.$

,

:

$$N \leq \frac{F_d}{X_k},$$

N -

,

;

F<sub>d</sub> -

;

k -

,

1,4 (

).

$$S \leq S_u,$$

S -

,

;

S<sub>u</sub> -

: 6-30.

(

).

R

f.

$$: l_i \leq 2 \quad ( \quad .17).$$

$$F = \chi_c \cdot (R \cdot A \cdot \chi_R + U \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot h_i \cdot \chi_f),$$

U –

$$6 - 1,5 = 4,5 \quad ( \quad ):$$

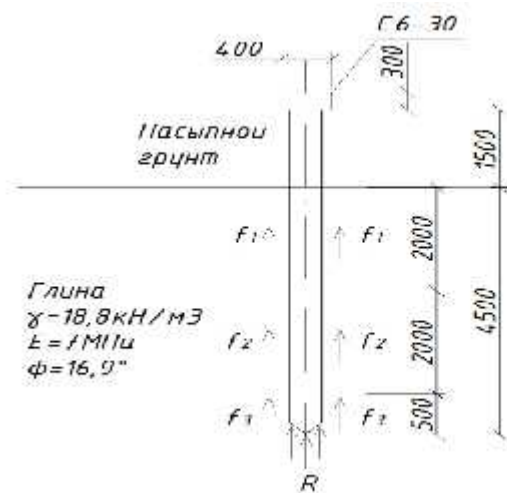
$$R = 2000 \quad ;$$

$$I_l = 0,37: f_1 = 21 \quad , f_2 = 27 \quad , f_3 = 31 \quad ;$$

$$F_d = 1 \cdot (1 \cdot 2000 \cdot 0,09 + 1,2 \cdot ((21 + 27) \cdot 2 + 0,5 \cdot 31)) = 313,8 \quad .$$

:

$$N_{\dots} = F_d / n = 313,8 / 1,4 = 224,2$$



.17.

### 2.3.3.2.

$$h = 0,3 \quad .$$

:

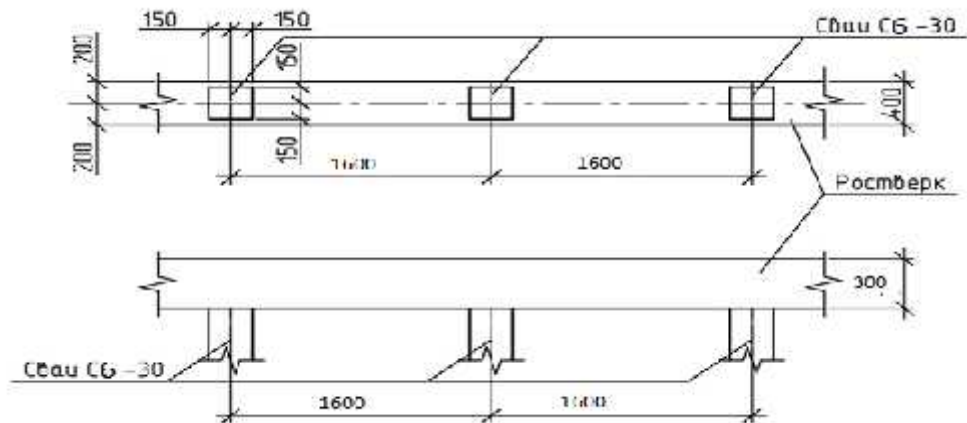
$$= \frac{N}{N_I + Q}$$

$$N_I = N_{II} \cdot 1,15 = 60 \cdot 1,15 = 69 \quad / \quad ;$$

$$Q_p = 0,3 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 25 = 3 \quad / \quad ;$$

$$= \frac{224,2}{69 + 3} = 2,7 \geq 3 \cdot d = 0,9 \quad .$$

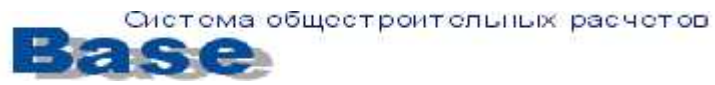
$$= 1,6 \quad , \quad \dots \quad 3d = 0,9 \leq 1,6 = 6d = 1,8 \quad -$$



.18.

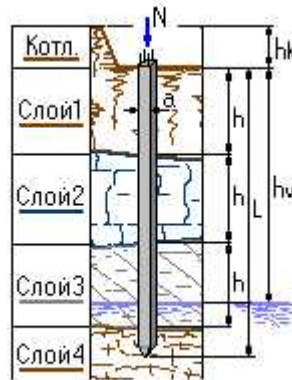
2.3.3.3.

«Base 7.3».



:

:



:

1			1,5	25000	( )
2		IL=0,4	4,5	7000	( )

:

6  
( ) 0,3  
0

:

N=69

Fd=313,8

:

S=3,92

24.13330.2011"

".

:

,

3,92 .

– 30 .

,

.

.

4 «

».

3.

3.1.

1.

•

•

•

•

•

•

•

•

•

2.

3.

4.

( ),

3.1.1.

**3.1.2.**

( ) .

(75%).

75%

:

-25,

•

,

,

.

,

.

•

-

,

•

,

•

90%

.

,

,

( ).

**3.1.3.**

1.

:

)

;

)

.

-

.

2-3

.

(

)

.

2.

:

)

:

,

,

;

)

;

)

;

-

;

)

-

;

)

;

;

;

)

;

)

;

)

,

.

(

;

)

.



3.

**3.1.4.**

-40

1.

2.

( -25761).

3.

( ),

4.

1-

2-

### 3.1.5.

80%

+5<sup>0</sup>

( )

<<

>>

10

15

40

5<sup>0</sup> .

3.2.

1.

2.

3.

- 39,5 .

- 15,5 .

- 32 .

1.

-40.

2.

-25.

---

**-40** ( . 18):

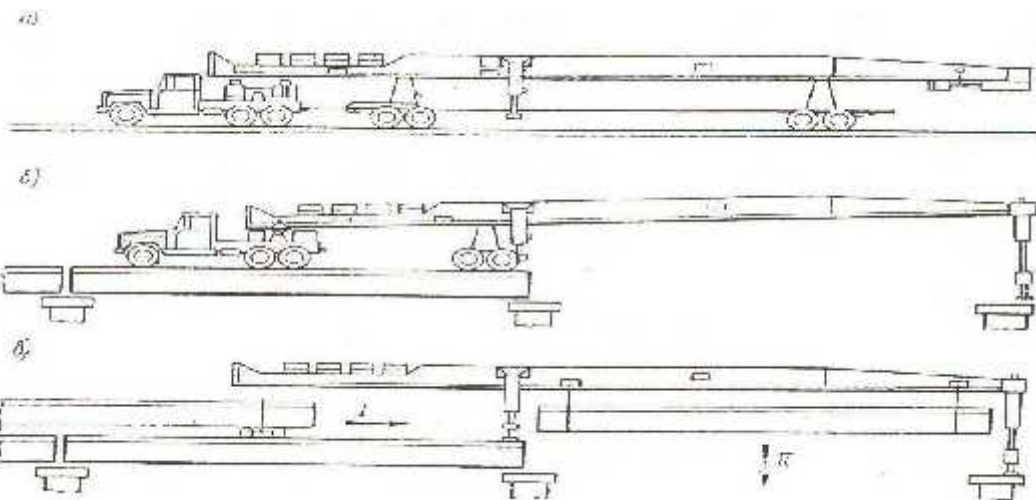
: 44,2 .

: 28,4 .

: 40 .

: 41,4 .

: 20 .

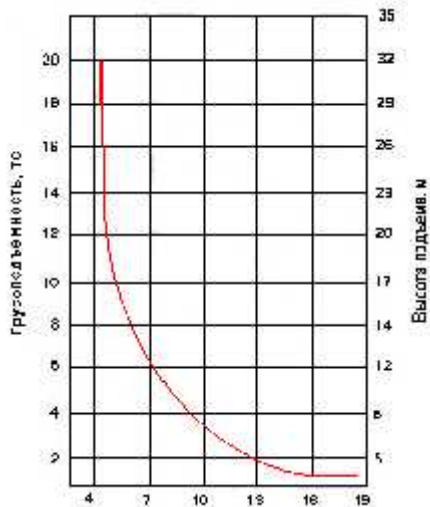


.18.

-40.

— ;  
 — ;  
 — .

-25 ( . 19):



. 19.

-25.

: 20 .

: 18 – 33,47 .

- : 1,5 – 18 / .

: 0,3 – 1,5 <sup>-1</sup> .

-40, . . . :

- 1.
- 2.
- 3.

### 3.3.

- 1.

13478-79.

- 2.

- 
- 
- 

- 1.

- 2.

7566-81.

- 1.

2. ( , , ) .

3. , , .

4. , .

), ( , , , ) .

, .

·  
:

1. ,

·

2. , , ,

7473-85.

:

,

,

-

·

4.

4.1.

4.

1	2	3	4	
		3	3	3
		36	300	10,8
		15,12	13500	204,120
		28,8	14000	403,2
				<b>618,12</b>
		28	300	8,4
		55,2	15000	828
		18	14000	252
				<b>1088,4</b>

:

2017

:

631,44 . .

5.

1	2	3	, .	
		3	3	3
		24,75	300	7,425
		5,44	1400	7,616
		2	14000	28
				<b>43,041</b>
		1,8	300	0,54
		2,7	14000	13,44
		0,96	13500	36,45
				<b>50,43</b>

: 2017 .

( ) , ,

- 7

· , -



4.2.

$$= \frac{V \times H}{t},$$

V –

;

–

;

t –

$$N = \frac{T}{n},$$

N –

;

–

(1,8 .- .);

n –

,

(1 .).

6.

							( . . . )	( . . . )					
I.1	019	01-02-	1000 <sup>3</sup>	14,58	78,59	143,23	55111 13 .	10	2(4)	10			
I.2	§ 2-1-28		100 <sup>3</sup>	145,8	0,22	4	-25	2	2(4)	2			6 -2.
I.3	§ 4-1-20		1 .	4	4,6	2,3	-25	1	0,5 (1)	3			6 -1 4 -1; 3 -1
I.4	§ 2-1-31		1000 <sup>2</sup>	2,1	1,1	0,29	-29	1	0,5 (1)	1			6 -1
2.1	§ 12-28		1	94	1,44	7,8	2500	1	7 (14)	4			6 - 4 5 - 3 -
2.2	§ 12-39		1 .	9,4	0,28	21,6	-10	1	1 (2)	2			3 -2
2.3	§ 12-67		1	9,4	3,31	20,4			1 (2)	2			3 -2



5																						
6																						
7																						
8																						
9.1																						
9.2																						
9.3																						



16	§ 4-3-112			·	29,1	18	65,48	-	·	-	-	-	(1)	2	·	·	4 -1 3 -4 2 -3
17	§ 4-3-52			100 <sup>2</sup>	3,64	8,7	3,96	-	-	-	-	-	0,5 (1)	9	-	-	4 -1 3 -7 2 -1
18	§ 4-3-52			3,64	0,63	0,29	-	-	-	-	-	-	0,5 (1)	1	-	-	6 -1
19	27-06-020-3	4		5,09	38,3	24,37	-	-	-	-	-	-	1 (2)	5	-	-	3 -2 2 -2
20	27-06-020-1 27-06-021-1	3		5,09	38,12	24,25	-	-	-	-	-	-	1 (2)	5	-	-	3 -2 2 -2

4.3.

.

.

-

.

1.04.03-85

12

.

:

•

;

•

;

•

;

•

;

•

;

•

;

.

,

-14 .

,

.

4.4.

.

-

-

,

,

.

:

•

- 19

;

•

- 5

;

- $-2$  ;
- $-1$  .
- $-27$  .

:

- $= 26,2^2$ ;
- $= 5,4^2$ ;
- $= 54^2$ ;
- $= 10^2$ .

( ).

( , ).

,

,

.





" "

"

-

.

,

,

-

.

-

4 -

3 ,

.

.

,

,

,

.

,

,

-

.

,

.

,

,

.

.

,

.

.

:

-

;

-

,

,

;

- ( ,  
);

1. : 18 ,

2. 12-  
03-2002 " , 12.3.035-84

" . "

3. , , , ,

4. ;

( )  
" " 8-89

·  
:

- ;



- 1. 46.13330.2012 3.06.04-91.
- 2. 24.13330.2011 2.02.03-85.
- 3. 22.13330.2011 2.02.01-83\*.
- 4. 2.05.02-85\* ( N 2-5)
- 5. 48.13330.2011 12-01-2004
- 6. 12-03-2002 "
- 7. 3.503.1-96
- 8. 52748-2007 ,  
./ .- ∴ , 2007
- 9. :  
. - . 2003. - 344 .
- 10. . - 10 - 33 - 93. ∴ 1994.
- 11. . . .- : , 2003. - 205 .
- 12. . ∴ . ∴ . :  
. - 2- ∴ . ∴ ; . . . . - ∴ ,  
1987. - 304 .
- 13. . ∴ . . :  
2 . : . . . - , 2006. - 614 .
- 14. . ∴ . . :  
. 2- ∴ . . - ∴ , 1988. - 477 .

15. . . . . ( )  
). . . . . )

. - ∴ ,2014. – 304 .

16. . . . . ∴ . – ∴ 1966. – 249 .

17. . . . . ∴ . – ∴ .  
,2000. – 49 .

18. , . . . 1. . 2 . . 1/ . .  
, . . . , . . . ∴ ; . . . . –  
∴ ,1988. – 642 ∴ . – ( ) .

19. . . . . ∴ .  
– / ∴ << >>, 2000. – 352 .



-

«

»

,

,

.

,

.

.

—

.

,

,

(

),

,

,

.

,

,

,

.

,

.

-

«

.

—

.

».

-



08.03.01 « »

. . . . .

2015 – III

-

( )

08.03.01 « ».

. . .

10

,

-

(

),

«

»

( ). 2016

«SCIENCE WITHOUT BORDERS» . . . . .

[Карта сайта](#) [Доступность](#) [Контакты](#)

[Главная](#)

[Авторы](#)

[Редакция](#)

[Номера журнала](#)

[Контакты](#)

вы здесь: [главная](#) / [номера журнала](#) / [№5 апрель 2017](#) / [строительные конструкции, здания и сооружения](#) / тарасеева н.и., кузнецов а.а., калашников а.в. расчет основания сопряжения искусственного сооружения

поиск по сайту

ПОИСК

## Тарасеева Н.И., Кузнецов А.А., Калашников А.В. Расчет основания сопряжения искусственного сооружения

Тарасеева Н.И., Кузнецов А.А., Калашников А.В. Расчет основания сопряжения искусственного сооружения [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2017. №5. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: [http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no5/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/5.17/at\\_download/file](http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no5/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/5.17/at_download/file)

 [5.17.pdf](#) — PDF document, 571 kB (584795 bytes)

УДК 69.001.5

## РАСЧЕТ ОСНОВАНИЯ СОПРЯЖЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО СООРУЖЕНИЯ

***Тарасеева Нелли Ивановна,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Геотехника и дорожное  
строительство».*

***Кузнецов Алексей Анатольевич,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Геотехника и дорожное  
строительство».*

***Калашников Андрей Владимирович,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*магистрант.*

### **Аннотация**

В статье представлен сравнительный анализ результатов расчета щебеночного основания и осадки свайного фундамента с монолитным ростверком сопряжения искусственного сооружения. В ходе расчета будет установлена наиболее эффективная конструкция с точки зрения наименьшей осадки сопряжения.

**Ключевые слова:** сопряжение искусственного сооружения, фундамент, осадка, монолитный фундамент, подстилающий слой, свайный фундамент, переходная плита.

# CALCULATION OF THE BASIS OF INTERFACE OF THE ARTIFICIAL CONSTRUCTION

***Taraseeva Nelli Ivanovna,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Geotechnics and road construction”.*

***Kuznetsov Alexei Anatolyevich,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Geotechnics and road construction”.*

***Kalashnikov Andrey Vladimirovich,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*undergraduate.*

## **Abstract**

The comparative analysis of results of calculation of the crushed-stone basis and draft of the pile base with a monolithic grillage of interface of an artificial construction is presented in article. During the calculation, the most effective design will be established in terms of the smallest draft of the interface.

**Keywords:** Conjugation of an artificial structure, foundation, sediment, monolithic foundation, underlying layer, pile foundation, transition plate.

Назначение сопряжения искусственного сооружения – это обеспечение плавности съезда и въезда автомобиля на мост в течение всего периода эксплуатации данного участка дороги и транспортного сооружения [2]. Сопряжение включает в себя переходную плиту, которая одним краем опирается на шкафную стенку крайней опоры мостового перехода, а другим на железобетонный блок (монолитный или сборный), последний традиционно устраивается на подстилающем слое из мелкофракционного, уплотненного по методу заклинки, щебня (рисунок 1).

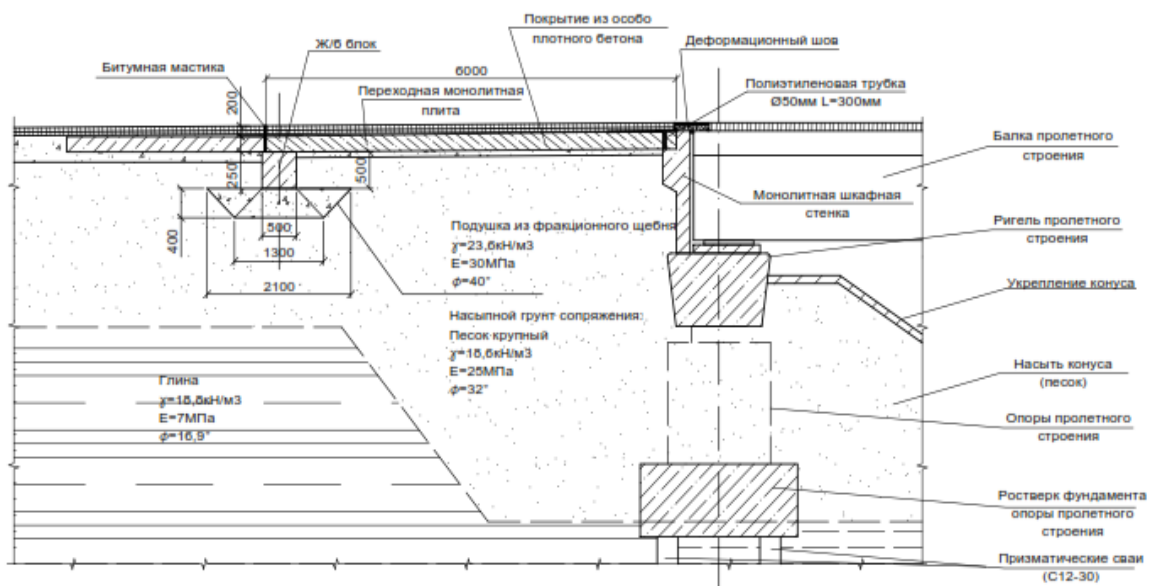


Рисунок 1 – Конструкция устройства сопряжения на щебеночном основании

В период эксплуатации подхода к искусственному сооружению от динамического воздействия колес автомобилей образуются просадки насыпи, волны, промоины и провалы, что нарушает условия безопасного движения транспортных средств на въезде на мост.

Для уменьшения осадки свободного края переходной плиты сопряжения предлагаем заменить конструкцию основания из уплотненного щебня на свайную конструкцию с монолитным ростверком (рисунок 2).

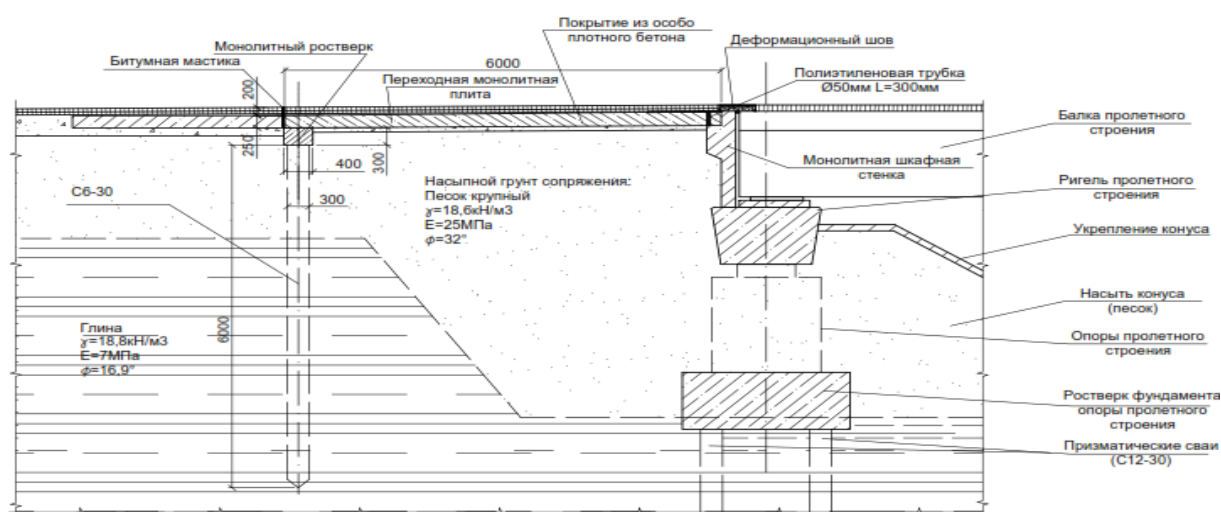


Рисунок 2 – Конструкция устройства сопряжения на свайном фундаменте с монолитным ростверком

С целью определения эффективности первого и второго вариантов выполним сравнение значений осадки конструкций фундамента [1, 4, 6].

Для расчета была принята 2 категория автомобильной дороги, действующие нагрузки: А-11, НК-80, нагрузки от дорожного покрытия и железобетонной переходной плиты ( $N_{II}=60$  кН/п.м.).

*Расчет щебеночного основания под переходную плиту сопряжения*

Фундаменты мелкого заложения, в нашем случае – это уплотненное щебеночное основание, проектируются в соответствии с расчетом по второй группе предельных состояний (по деформациям основания). Основные сочетания нагрузок  $N_{II}$ ,  $M_{II}$ ,  $Q_{II}$  в расчете фундаментов и их оснований по деформациям принимают с коэффициентами надежности, равными единице.

На основании сравнения среднего давления под подошвой фундамента и расчетного сопротивления грунта основания (1) возможно определить необходимые размеры подошвы щебеночного основания под переходную плиту (фундамент мелкого заложения):

$$P \leq R, \quad (1)$$

где  $P$  – давление под подошвой фундамента,

$R$  – расчетное сопротивление грунта основания, контактирующего с подошвой фундамента.

Следующим шагом определяем величину расчетной осадки, которая сопоставляется с предельно допустимой для данного сооружения (мост, элемент сопряжения):

$$S \leq S_u, \quad (2)$$

где  $S$  – расчетная величина осадки;  $S_u$  – предельно допустимая осадка.

Нормы проектирования [1, 5, 6] рекомендуют при выполнении условия (1) осадку фундамента определять с использованием расчетной схемы линейно-деформируемого полупространства.

В нашем случае низ подошвы фундамента под переходную плиту располагаем на глубине  $H=0,4$ м относительно элементов пролетного строения моста. В качестве основания используем послойно уплотненный грунт в виде

крупного песка, а затем утрамбованную щебеночную трапецию, устроенную по методу заклинки, на которую и будет укладываться переходная плита (рисунок 1).

Определили нагрузку от выше лежащих конструкций. При заданных условиях  $N_{II} = 473,5/8 = 60$  кН/м.

Из условия (3) принимаем ширину подошвы фундамента:

$$P = \frac{N_{II}}{b \cdot 1} \leq R. \quad (3)$$

По формуле (7) СНиП 2.02.01-83\* определяем расчётное сопротивление грунта. Ширину фундамента принимаем  $b = 0,6$  м.

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \left[ M_{\gamma} k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + M_c c_{II} \right], \quad (4)$$

где  $\gamma_{c1}$  и  $\gamma_{c2}$  – коэффициенты условий работы;

$k=1$ , если прочностные характеристики грунта ( $\varphi$  и  $c$ ) определены непосредственными испытаниями;

$M_{\gamma}$ ,  $M_q$ ,  $M_c$  – коэффициенты, принимаемые по таблице 4 [1];

$k_z$  – коэффициент, принимаемый равным 1 при  $b < 10$  м,

$b$  – ширина подошвы фундамента, м;

$\gamma_{II}$  – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды);

$\gamma'_{II}$  – то же, залегающих выше подошвы фундамента, вдоль боковой поверхности;

$C$  – расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, кПа;

В нашем случае для щебня при  $d_1=0,4$  м и  $\varphi_{II}=40^\circ$  следующие значения показателей:  $M_{\gamma} = 2,46$ ;  $M_q = 10,85$ ;  $\gamma_{c1} = 1,4$ ;  $\gamma_{c2} = 1,2$ ;  $\gamma_{II} = 17$  кН/м<sup>3</sup>;  $\gamma'_{II} = 15$  кН/м<sup>3</sup>;  $C_{II}=0$ ;  $E=30$  МПа.

По формуле (4) рассчитываем сопротивление грунта основания на подстилающем слое из щебеночной подушки:

$$R = \frac{1,4 \cdot 1,2}{1} [2,46 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 17 + 10,85 \cdot 0,4 \cdot 15] = 151,4 \text{ кПа.}$$

Предварительная ширина фундамента под элемент сопряжения искусственного сооружения:

$$b = \frac{N_{II}}{R} \times 1,1 = \frac{60}{151,4} \times 1,1 = 0,5 \text{ м.}$$

Для переходной плиты площадь опирания:

$$A = b \cdot 1\text{м} = \frac{N_{II}}{R} = \frac{60}{151,4} = 0,5\text{м} \cdot 1\text{м.}$$

Принимаем: ширина подошвы  $b \geq 0,5$ . В этом случае расчетное сопротивление щебня:

$$R = \frac{1,4 \cdot 1,2}{1} [2,46 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 17 + 10,85 \cdot 0,4 \cdot 15] = 144,6 \text{ кПа.}$$

Давление под подошвой:

$$P = \frac{60}{0,5 \cdot 1} = 120 \text{ кПа} < R = 144,6 \text{ кПа.}$$

Расчет фундаментов мелкого заложения под конструкцию переходной плиты, выполненный по второй группе предельных состояний (по деформациям), показал, что требуемое условие (1) выполняется. Типовая конструкция сопряжения способна воспринимать сопротивление грунта основания, контактирующего с подошвой фундамента. Принимаем ширину бетонного блока переходной плиты равную  $b=0,5$  м.

#### *Расчёт свайного фундамента под переходную плиту сопряжения*

В нашей работе предложен вариант замены традиционно используемого щебеночного основания из уплотненного щебня на свайный фундамент.

Расчет свайных фундаментов и их оснований выполняют по 2 группам предельных состояний [1, 5]:

а) первая группа предусматривает выполнение сравнительных расчётов по прочности материала свай и свайных ростверков, а также по несущей способности грунта основания свай;



б) вторая группа определяет основные параметры по осадкам оснований свай и свайных фундаментов от вертикальных нагрузок.

Ниже представлен расчет осадки фундамента, выполненный в современном программном комплексе «Base 7.3» (рисунок 3).



Рисунок 3 – Программный комплекс «Base 7.3»

### Результаты расчета:

Тип сваи – висячая забивная. На рисунке 4 и в таблице 1 представлены исходные данные для определения параметров в программе.

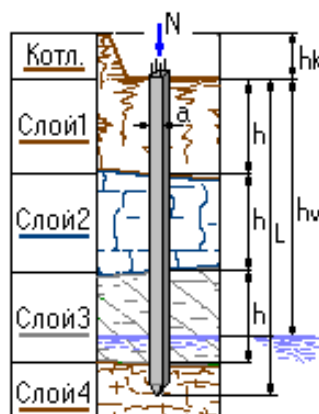


Рисунок 4 – Расчетная схема висячей сваи.

Таблица 1 – Характеристики грунта по слоям

Номер слоя	Качество	Количество	Мощность слоя, м	Модуль деформации	Ед. измерения
Слой 1	Песчаный	Крупные	1,5	25000	(кПа)
Слой 2	Глинистый	IL=0,4	4,5	7000	(кПа)

*Исходные данные для расчета:*

Длина сваи – 6 м

Диаметр (сторона) сваи – 0,3 м

Глубина котлована – 0 м

*Нагрузки на сваю:*

$N=60$  кН

$F_d=313,8$  кН

*Выводы*, предоставленные расчётной программой «Base 7.3»:

Осадка сваи  $S=3,92$  мм.

Осадка не превышает предельно допустимых деформаций.

Расчет осадки выполнен согласно СП 24.13330.2011 «Основания зданий и сооружений».

Полученные значения для двух видов основания сопряжения искусственного сооружения показали, что применение свайного фундамента с монолитным ростверком под переходной плитой дает осадку 3,92 мм. Осадка согласно типовым проектам конструкции сопряжения с щебеночным основанием – до 50 мм.

Таким образом, использование свайного фундамента позволит значительно уменьшить деформации на ответственном участке сопряжения искусственного сооружения с автомобильной дорогой, а также избежать перемещений грунта конуса насыпи и появления просадок перед мостом [3].

### **Библиографический список:**

1. Проектирование и устройство свайных фундаментов и упрочненных оснований из набивных свай в пробитых скважинах: практическое пособие / В.С. Глухов, В.И. Крутов, В.К. Когай и др. Пенза: ПГУАС, 2011. 99 с.

2. Тарасеева Н.И., Кузнецов А.А., Калашников А.В. Применение современных конструктивных решений проектирования при ремонте мостовых сооружений [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2016. №3. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL:

[http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no3/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/3.17/at\\_download/file](http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no3/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/3.17/at_download/file)

3. Стрельников С.А., Андрианов К.А. Применение монолитного бетона, армированного композитной арматурой, для укрепления конусов инженерных сооружений в транспортном строительстве // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт: Материалы 3-й международной научно-практической конференции Института архитектуры, строительства и транспорта / ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет». Тамбов, Изд-во Прешина Р.В., 2016. С. 199-203.

4. Шеин А.И., Зернов В.В., Зайцев М.Б. Некоторые причины отказа строительных конструкций // Науковедение. 2016. Т. 8. № 6. С. 88.

5. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.

6. ГОСТ Р 52748-2007 Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения / СтандартИнформ. М.: ФГУП СтандартИнформ, 2007.

Карта сайта

Доступность

Контакты

Главная

Авторам

Редакция

Номера журнала

Контакты

вы здесь: [главная](#) / [номера журнала](#) / [№5 апрель 2017](#) / [строительные конструкции, здания и сооружения](#) / тарасеева н.и., калашников а.в. факторы, влияющие на выбор конструкции основания под сопряжения мостового перехода

поиск по сайту

поиск

## Тарасеева Н.И., Калашников А.В. Факторы, влияющие на выбор конструкции основания под сопряжения мостового перехода

Тарасеева Н.И., Калашников А.В. Факторы, влияющие на выбор конструкции основания под сопряжения мостового перехода [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2017. №5.

Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: [http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no5/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/5.18/at\\_download/file](http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no5/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/5.18/at_download/file)

 [5.18.pdf](#) — PDF document, 507 kB (519884 bytes)

УДК 69.003.13

**ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ОСНОВАНИЯ  
ПОД СОПРЯЖЕНИЯ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА**

***Тарасеева Нелли Ивановна,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Геотехника и дорожное  
строительство».*

***Калашников Андрей Владимирович,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*магистрант.*

**Аннотация**

Выполнен анализ основных дефектов конструкций сопряжения моста и условий эксплуатации. Представлен вариант замены щебеночного основания свайным фундаментом. Выполнено сравнение технико-экономических показателей различных вариантов устройства основания под сопряжения мостового перехода.

**Ключевые слова:** дефекты конструкций сопряжения мостового перехода, основания, фундамент.

**THE FACTORS INFLUENCING THE CHOICE OF THE DESIGN OF THE  
BASIS UNDER INTERFACES OF THE BRIDGE CROSSING**

***Taraseeva Nelli Ivanovna,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Geotechnics and road  
construction”.*

***Kalashnikov Andrey Vladimirovich,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*undergraduate.*

## **Abstract**

The analysis of the main defects of designs of interface of the bridge and service conditions is made. The option of replacement of the crushed-stone basis with the pile base is presented. Comparison of technical and economic indicators of various versions of the device of the basis under interfaces of the bridge crossing is executed.

**Keywords:** defects of designs of interface of the bridge crossing, basis, base.

В состав мостового перехода входят, как правило, сам мост, насыпь подхода, регуляционные сооружения. Плавный переход с насыпи подхода на проезжую часть транспортного сооружения обеспечивают элементы сопряжения пролетного строения с насыпью подходов: устой моста, переходные плиты, лежень, дорожная одежда, водоотводные устройства, дренажи, также укрепление обочин и откосов. Важное значение для хорошей работы сопряжения под действием постоянных и временных нагрузок играет конструктивное решение основания под переходной плитой (ПП).

При освидетельствовании мостового полотна оценивают ровность поверхности ездового полотна и тротуаров, наличие и достаточность продольного и поперечных уклонов, выявляют места застоя воды. В зонах деформационных швов и узлов сопряжения моста с насыпями подходов наиболее распространенными дефектами являются образование просадок и выбоин.

Диагностика конструкций транспортных сооружений позволяет выявить и более серьезные дефекты, возникающие в процессе эксплуатации: просадка насыпи перед мостом, провалы на въезде, размыв верхней части конуса с частичным обнажением крайних переходных плит, в некоторых случаях – практически полное вымывание грунта из под последних, разрушение ПП, а также смещение переходных плит с опорной площадки на лежне или на опоре,

что может привести к нарушению гидроизоляции и, как следствие, непосредственному разрушению дорожной одежды.

При применении конструктивно-технологических решений, связанных с увеличением нагрузки на мост или изменением конструкции соединительных элементов (например, установкой переходных плит и устройством основания под них), необходимо уже на стадии проектирования определять правильные технические решения, оправданные и с экономической точки зрения [2].

На выбор конструкции влияют также грунтовые условия. Анализ инженерно-геологических и гидрологических данных показал наличие следующих грунтов (сверху вниз):

- почвенно-растительный слой, мощностью  $0,10 \div 1$  м;
- глина озерная  $IQ$  мягкопластичная, легкая, черная, иловатая, с включением гальки и гравия до 15%, с прослоями крупнозернистого песка, мощность слоя 6 м;
- песок полеватый аллювиальный  $aQ$  средней плотности, маловлажный, мощность слоя 4 м;
- суглинок делювиальный  $dQ$  твердый до тугопластичного, в среднем твердый, тяжелый, коричневый, с известковистыми включениями, до глубины  $0,9 \div 1,0$  м – гумусированный, мощностью слоя  $3 \div 5$  м;

Грунтовые воды отсутствуют (рисунки 2, 3).

При устройстве основания под переходную плиту сопряжения рассмотрены два варианта: монолитный ростверк на подстилающем слое из щебня (рисунки 1, 2) и свайный фундамент с монолитным ростверком (рисунок 3).

Целью работы является выбор наиболее экономически и технологически эффективного устройства основания.

Конструктивные параметры и расчетная схема первого варианта представлены на рисунках 1 и 2.

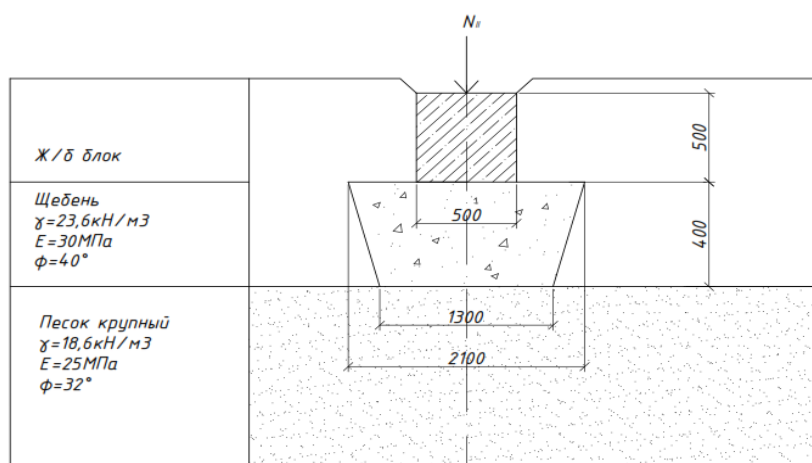


Рисунок 1 – Расчетная схема монолитного фундамента с подстилающим слоем

Под железобетонный блок (лежень) обычно устраивают щебеночную подготовку толщиной 0,4 и 0,6 м при плитах длиной соответственно до 6 и 8 м. На мостах (путепроводах), расположенных в I–III дорожно-климатических зонах, щебеночную подготовку под лежень устраивают на всю ширину насыпи с выходом на откосы, а во всех остальных случаях ширина превышает длину лежня на 0,5 м в каждую сторону (рисунок 2). Щебеночную подготовку под лежень и плиту устраивают из щебня крупностью 40÷70 мм, для расклинивания – крупностью 10÷20 мм, а для перехватывающих дренажей – 10÷20 мм.

Насыпной грунт сопряжения в случае пересечения мостом водных препятствий отсыпают песком с коэффициентом фильтрации не менее 2, уплотняют.



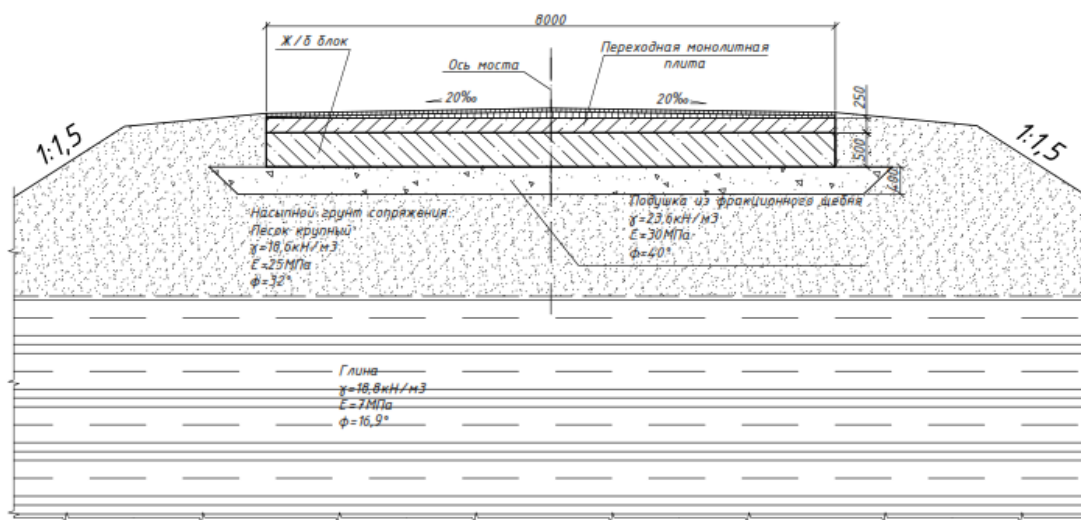


Рисунок 2 – Схема устройства монолитного фундамента с подстилающим слоем

Экономический, выполненный в дополнение к сравнению технических характеристик сопряжения, включал в себя определение стоимости материала и строительно-монтажных работ по устройству монолитного ростверка на щебеночном основании с заданными геометрическими параметрами. Сумма затрат составила 43041 руб. на одно сопряжение (в базовых ценах 2001 года).

При стоке воды по подходу к узлу сопряжения устраивают водоотводные лотки вдоль кромки проезжей части. Но, тем не менее, вода, фильтрующая по пористым слоям дорожной одежды, впитывается в насыпной грунт сопряжения за устоем, что может ослабить основание монолитного фундамента с подстилающим слоем, т.к. находятся в зоне истирающего воздействия перемещающихся в течение нескольких недель в году песчаных или гравийно-галечных наносов.

Насыпной грунт сопряжения в случае пересечения мостом водных препятствий отсыпают песком с коэффициентом фильтрации не менее 2, уплотняют. Использование в составе фундамента свай предполагает погружение последних в наиболее прочный слой грунта. В этом случае нагрузка от конструкции сопряжения и динамических воздействий транспортных средств будет передаваться на более плотные грунты, залегающие на значительной глубине.

В связи с этим во втором варианте (рисунок 3) предлагается заменить щебеночное основание на свайный фундамент, а именно: один ряд из пяти свай сечением 0,3 x 0,3 м и длиной 6 м, объединенных монолитным ростверком 0,3м x 0,4м x 8м. Свайный фундамент опирается на плотное основание – глинистый грунт [1, 4, 5]. Благодаря этому деформации в узле сопряжения уменьшены. Величины углов перелома продольного профиля будут изменяться в процессе эксплуатации незначительно, в пределах нормативных значений, исходя из условия допустимого динамического воздействия на дорожную одежду.

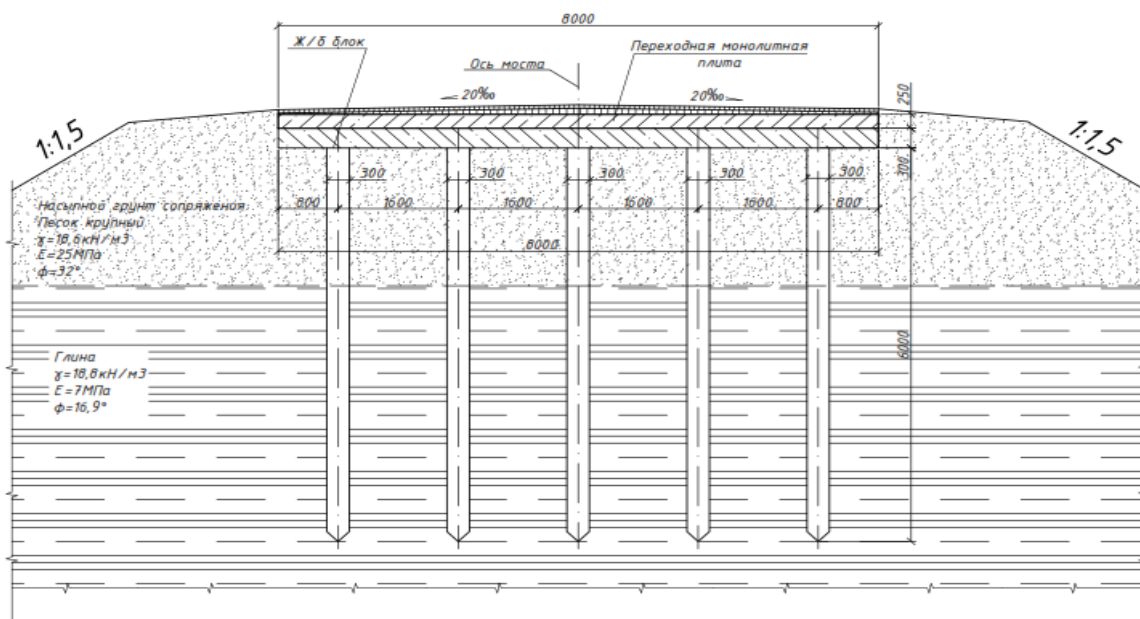


Рисунок 3 – Схема устройства свайного фундамента

Стоимость данной конструкции сопряжения составила 50430 рублей (в базовых ценах 2001 года).

Ранее была выполнена оценка технических характеристик рассматриваемых видов оснований (фундаментов) под переходной плитой, которая показала, что просадка свайного фундамента значительно меньше щебеночного основания. Экономические затраты в двух вариантах отличаются незначительно. Таким образом, приходим к выводу, что при одинаковых затратах на сооружение двух сравниваемых видов основания сопряжения несущая способность предложенной конструкции устройства свайного

фундамента даёт возможность перспективы долгосрочной эксплуатации последнего в конструкции транспортного сооружения, что позволит автомобилям безаварийно и беспрепятственно пересекать небольшие, но наиболее подверженные повреждениям участки на подходах к мосту.

### **Библиографический список:**

1. Проектирование и устройство свайных фундаментов и упрочненных оснований из набивных свай в пробитых скважинах: практическое пособие / В.С. Глухов, В.И. Крутов, В.К. Когай и др. Пенза: ПГУАС, 2011. 99 с.

2. Тарасеева Н.И., Калашников А.В. Выбор фундамента для железобетонного моста на участке автомобильной дороги г. Нефтегорск – с. Старая Таволжанка [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2015. №2. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: [http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no2/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/2.15/at\\_download/file](http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no2/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/2.15/at_download/file)

3. Шеин А.И., Зернов В.В., Зайцев М.Б. Некоторые причины отказа строительных конструкций // Наукоеведение. 2016. Т. 8. № 6. С. 88.

4. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.

5. ГОСТ Р 52748-2007 Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения / СтандартИнформ. М.: ФГУП СтандартИнформ, 2007.

· ·				·	
1	2	3	4	5	6
1	« · - · »	·	<b>1</b> - 08.03.01 « », · , · ·	<u>1</u>	: · ·
2	« · - · »	·	<b>III</b> - 08.03.01 « », ·	<u>1</u>	: · ·
3	« · - · »	·	, -	<u>1</u>	
4	( )	·	// VI - ,2015	<u>6</u>	· ·

5	( )	.	VI - 2015	<u>5</u>	..
6	- . ( )	.	« 2 2015 . »	<u>6</u>	..
7	- ( )	.	[ ]: - 27 2016 . - : « », 2016.-200 .	<u>3</u>	..
8	( )	.	« 3 2016 . »	<u>8</u>	.. ..
9	- ( )	.	Materials of the XII International scientific and practical conference, «Science wirhout borders»,-2016. Volume 20.Technical sciences. Construction and architecture. Sheffield. Science and education LTD-96 .	<u>3</u>	..
10	( )	.	: , 3- - 27 2016 .	<u>5</u>	.. ..

			« . .» 204-209 .		
11	( )	.	, « 4 2016 . » ,	<u>8</u>	. .
12	( ) -	.	, « 4 2016 . » ,	<u>9</u>	. .
13	( )		, « 5 2017 . » ,	<u>9</u>	. . . .
14	( )		, « 5 2017 . » ,	<u>7</u>	. . . .

Государственное казенное учреждение  
«УПРАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА  
ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ»

440000, Пенза, ул. Славя, 6-д, тел. 55-09-39, usdhpco@mail.ru

Министерство финансов Пензенской области ИНН 5966010508

ГРКЦ ГУ ЦБ РФ по Пензенской области г. Пенза БИК 045655001 р/с 40201813000000000004

ИНН 5836013717/583601001

от 10.10.2016г

На № 01-10-3211 от

Заведующему кафедрой «Техника и дорожное строительство» Пензенского ГУАС  
Пензенского ГУАС  
Глухову В.С.

ГКУ «Управление строительства и дорожного хозяйства Пензенской области» просит кафедру «Техника и дорожное строительство» ПУАС включить в тематику выпускной квалификационной работы магистранта группы СТ-23м Кашваникова А.В. «Проект устройства сопряжения неответственного сооружения», выполнить расчет осадки сопряжения неответственного сооружения с монолитным фундаментом на подстилающим слое из песчаной подушки и свайным фундаментом с монолитным ростверком, технико-экономическое сравнение вариантов.

Начальник ПТО

Касимова Н.Н.

УТВЕРЖДАЮ

Председатель комиссии – начальник  
технического отдела  
ГКУ «Управление строительства и  
дорожного хозяйства Пензенской области»



Касимова Н.Н.  
2017 г.

### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов выпускной квалификационной работы магистранта группы СТ-23м  
Калашникова А.В. «Проект устройства сопряжения искусственного сооружения»

Мы, нижеподписавшиеся начальник ПТО Касимова Н.Н. ГКУ «Управление строительства и дорожного хозяйства Пензенской области» – председатель комиссии и представители Пензенского государственного университета архитектуры и строительства к.т.н., доцент кафедры «Геотехника и дорожное строительство» Н.И. Тарасеева, магистрант группы СТ-23м А.В. Калашников составили настоящий акт в том, что на основании нормативной литературы, технических рекомендаций, конструктивных расчётов (программа «Base 7.3») в выпускной работе выполнены сравнения технико-экономических показателей различных вариантов устройства основания (фундамента) под сопряжения мостового перехода.

Оценка технических характеристик оснований (фундаментов) под переходной плитой показала, что просадка свайного фундамента значительно меньше щебеночного основания; экономические затраты в двух вариантах отличаются незначительно. Разработки Калашникова А.В. были использованы (внедрены) в сопряжении моста в Самарской области.

Члены комиссии:

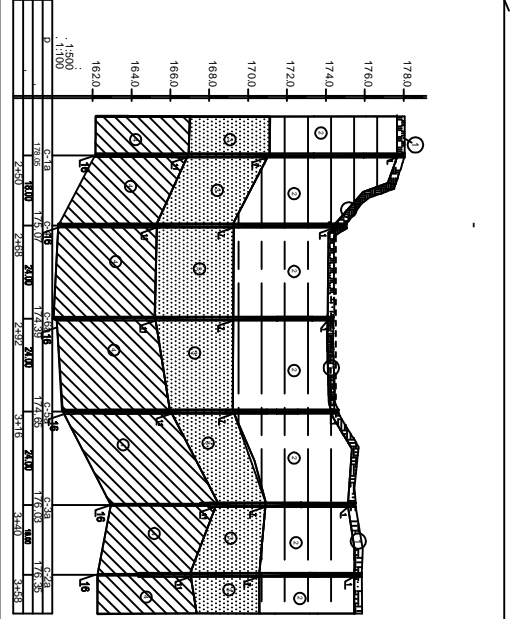
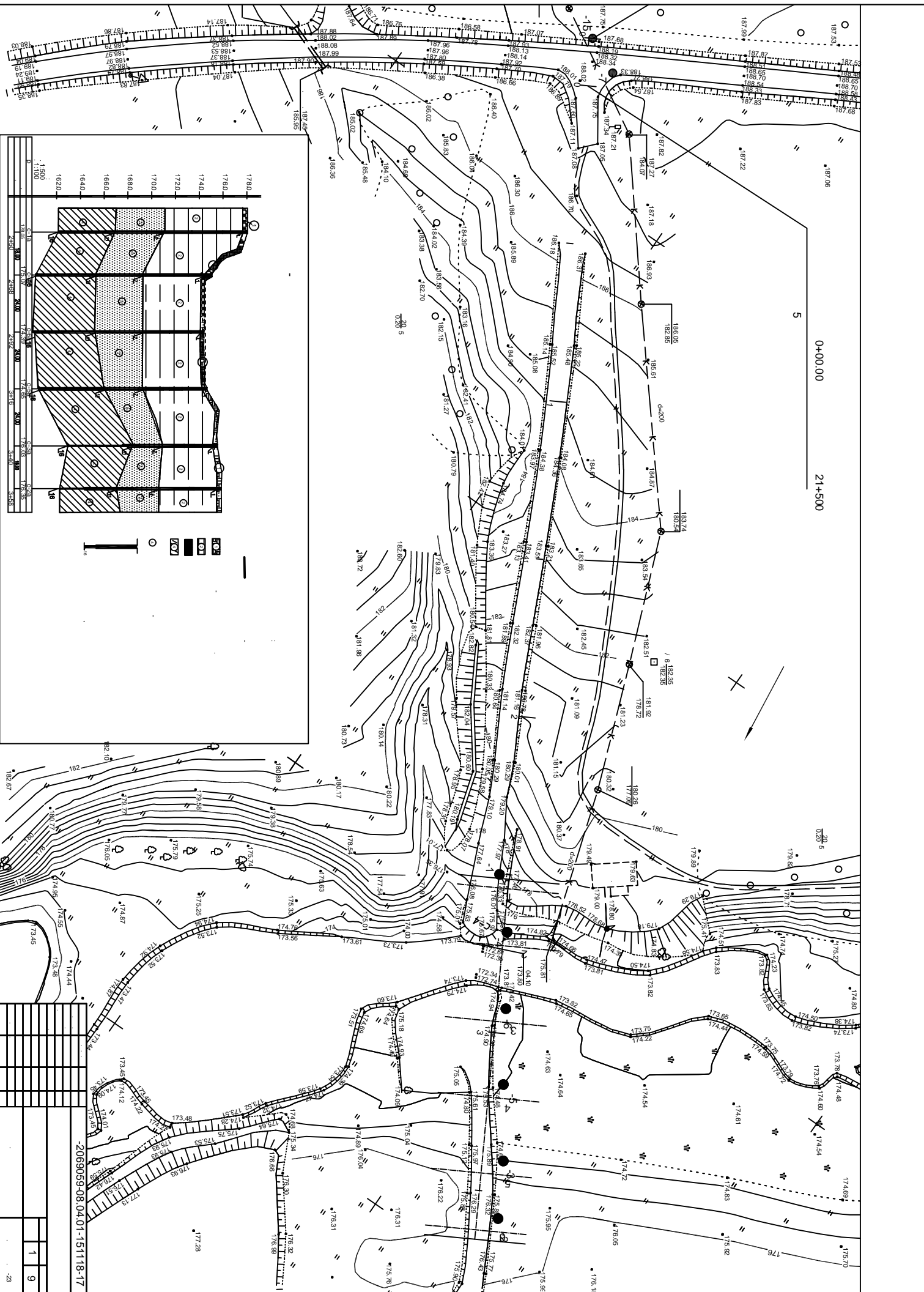
к.т.н., доцент кафедры «Геотехника  
и дорожное строительство» ПГУАС

Магистрант группы СТ-23м

Н.И. Тарасеева

А.В.Калашников

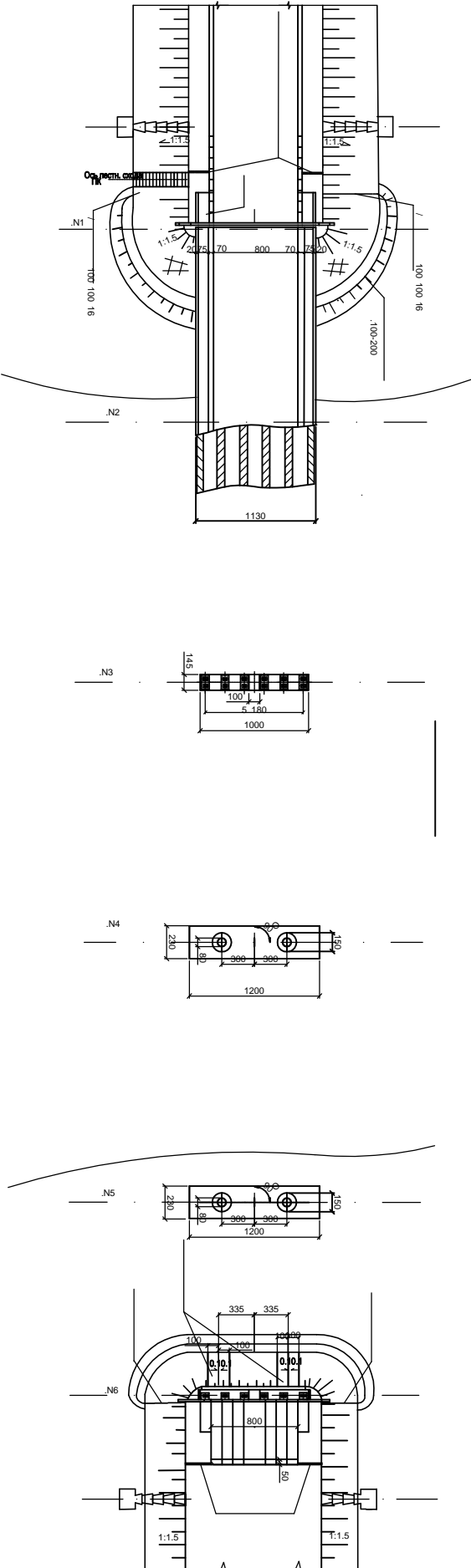
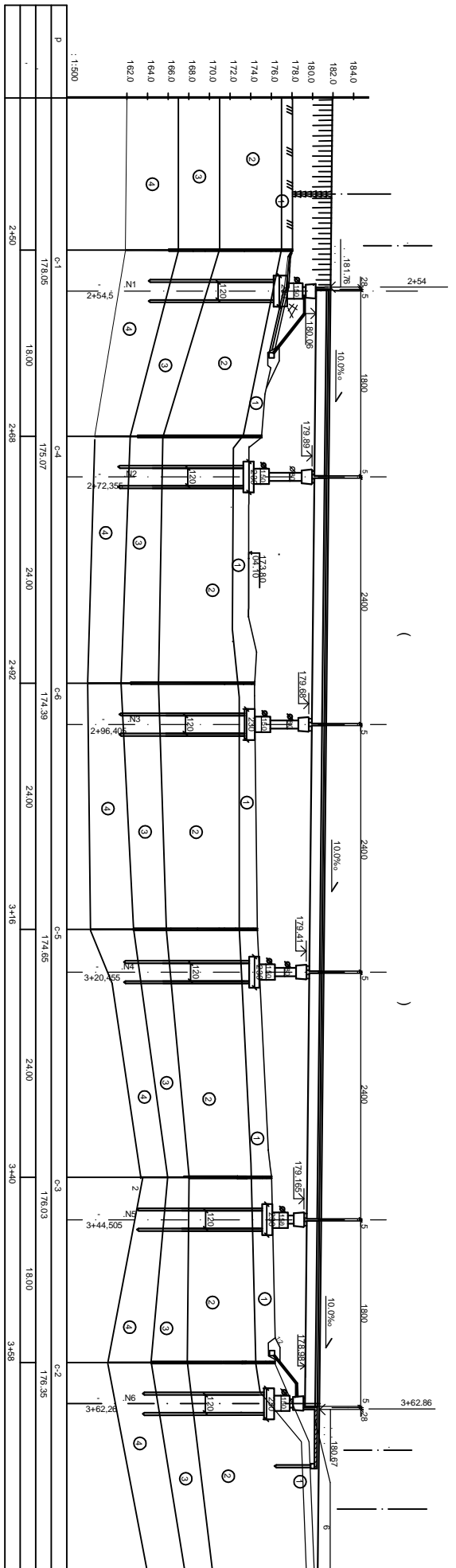




	0/0
	0/1
	0/2
	0/3
	0/4
	0/5
	0/6
	0/7

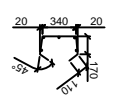
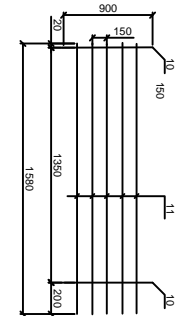
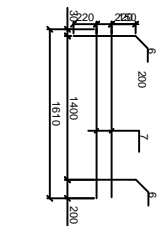
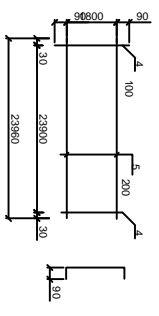
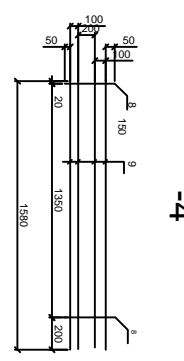
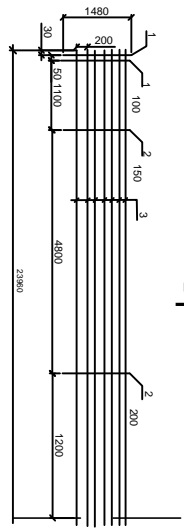
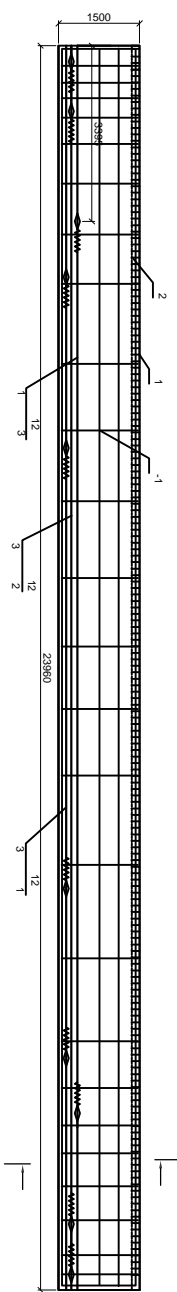
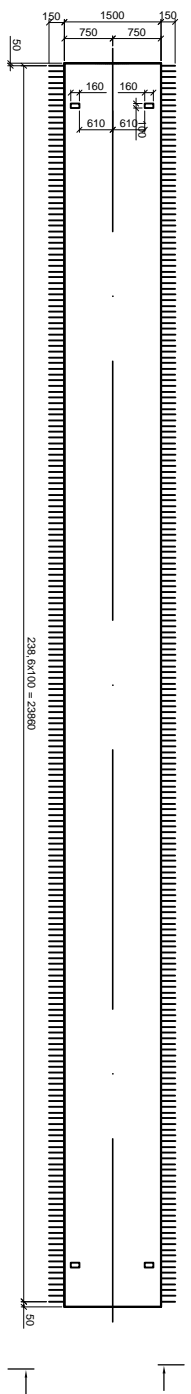
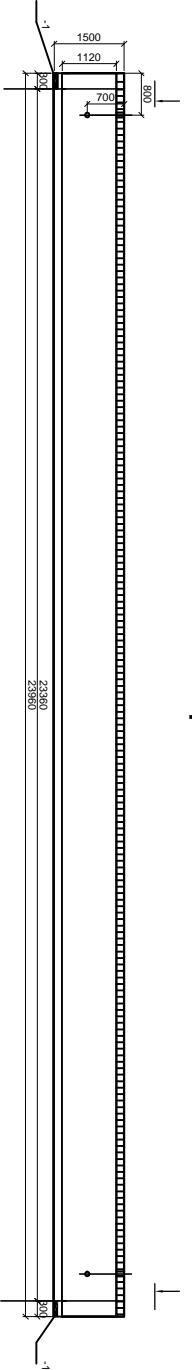
I

1	9
-2069059-08.04.01-151118-17	



- 1. 3.503.1-91\* / 24 / 10% 0
- 2. 3.503.1-91\* / 12,15,18,21,24 33 / d=0,8
- 3. 52289-2004, 52807-2008, 52106-087-3691 0981-2002\* / 1.0 / 3.503.1-91 / 33 \* 2
- 4. 3.503.1-105 / 24 33 \* / d=0,8
- 5. 3.503.1-102 / 12,30 / 12,30
- 6. 3.503.1-96\* / 100 100 16 / 1
- 7. 3.503.1-156\* / 40 50 150 / 10
- 8. 3.503.1-156\* / 100 200 / 100 200
- 9. 0,5

-2069059-08.04.01-151118-17	
2	9

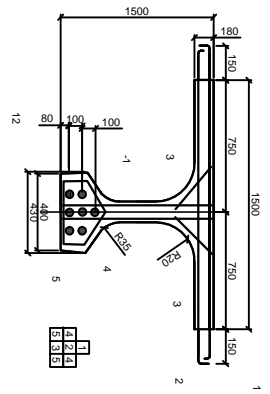
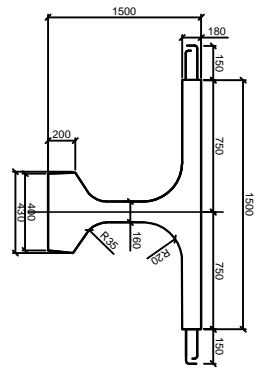
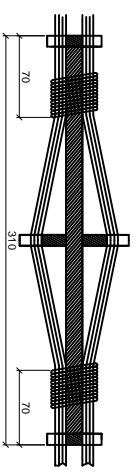
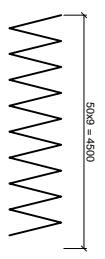


-4

-1 (-2)

-3

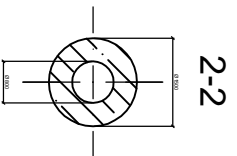
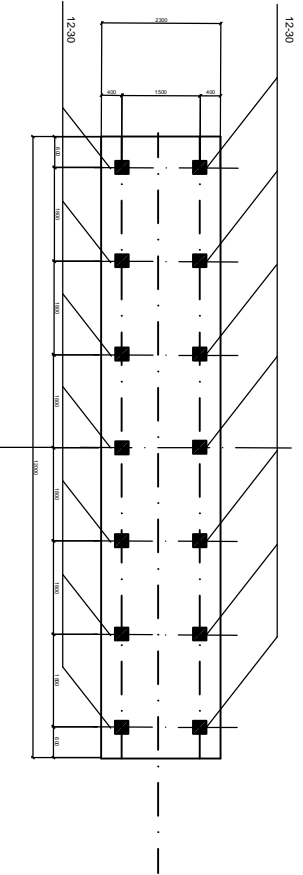
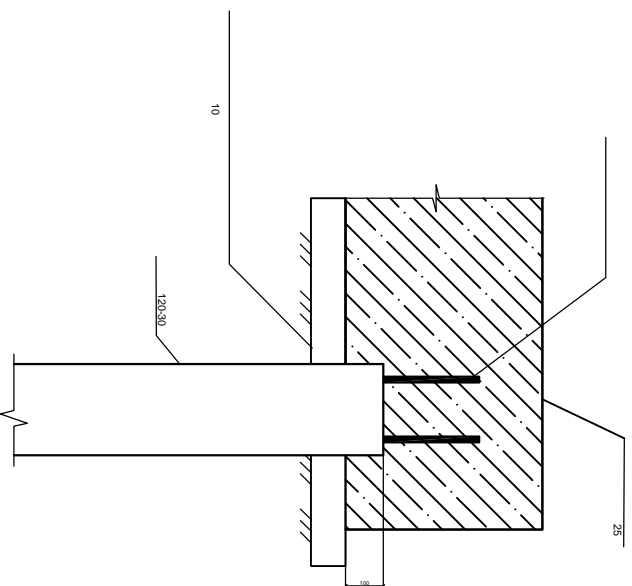
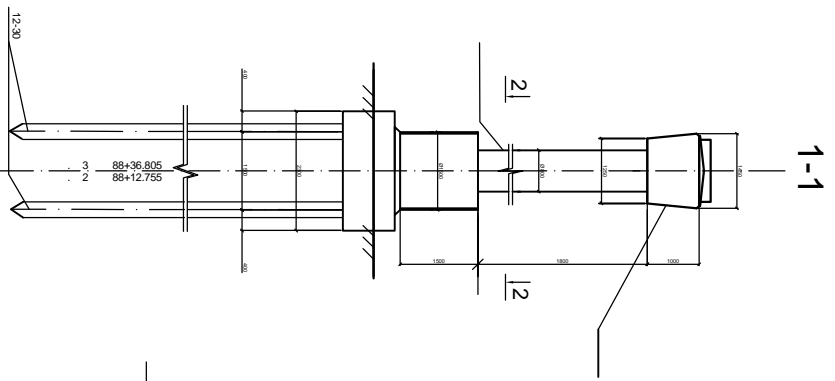
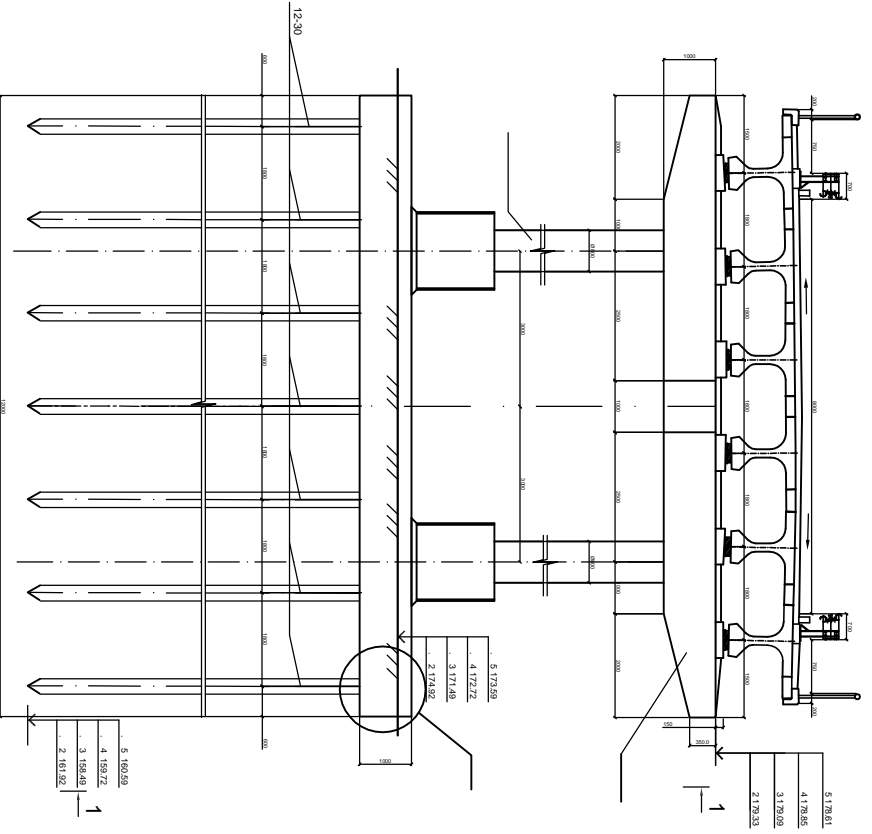
-5



1	6774.92	24	21.3	114	2724	-1	114	2724
2	6774.92	50	1300 L=1490	483	972.3	-1 (-2)	483	972.3
3	6774.92	810	230 L=2390	234	75.2	-3	234	75.2
4	6774.92	1010	400 L=1800	188	63.5	-4	188	63.5
5	6774.92	209	400 L=2390	210	64.9	-3	210	64.9
6	6774.92	606	400 L=590	182	42.4	-3	182	42.4
7	6774.92	606	400 L=1810	52	32.86	-3	52	32.86
8	6774.92	606	1300 L=430	138	25.65	-4	138	25.65
9	6774.92	606	1300 L=1930	60	37.2	-4	60	37.2
10	6774.92	606	1300 L=300	135	17.89	-4	135	17.89
11	6774.92	606	1300 L=1150	75	46.3	-4	75	46.3
12	6774.92	606	1300 L=23960	1078	3719	-4	1078	3719
				14.3				

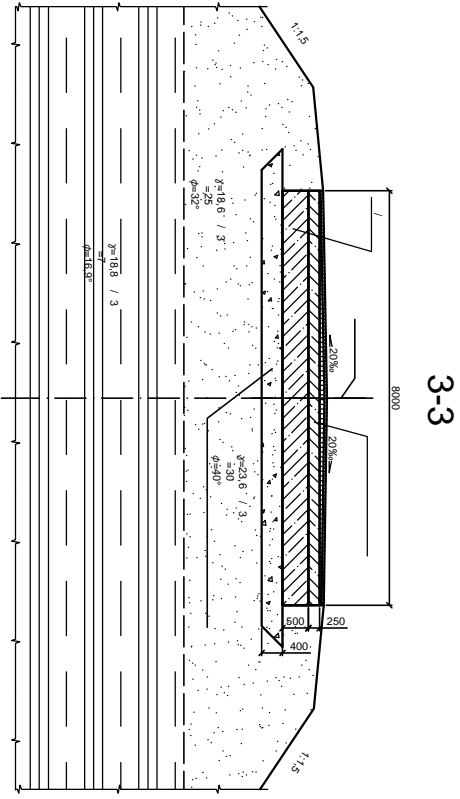
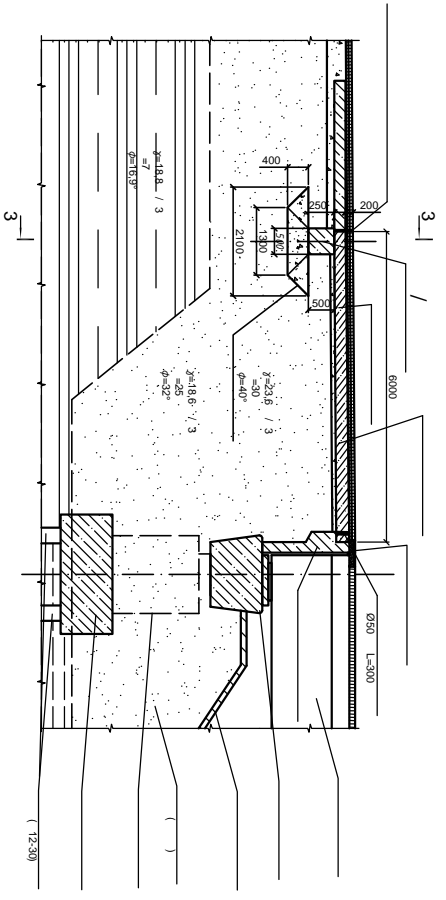
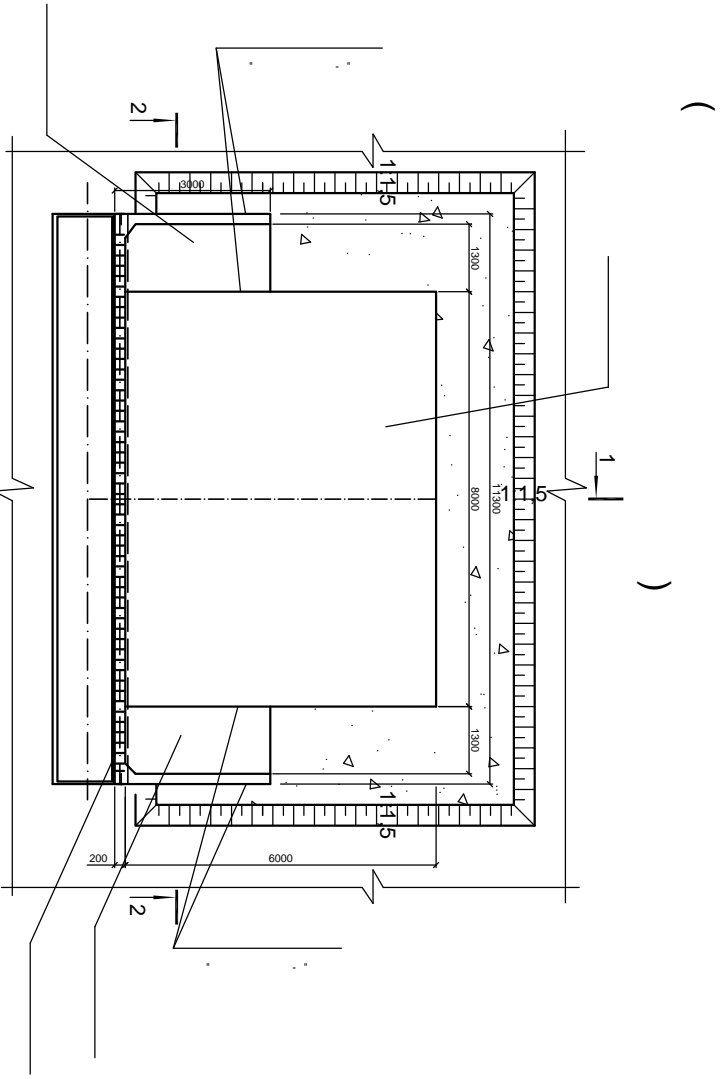
-2069059-08.04.01-151118-17

3	9
---	---

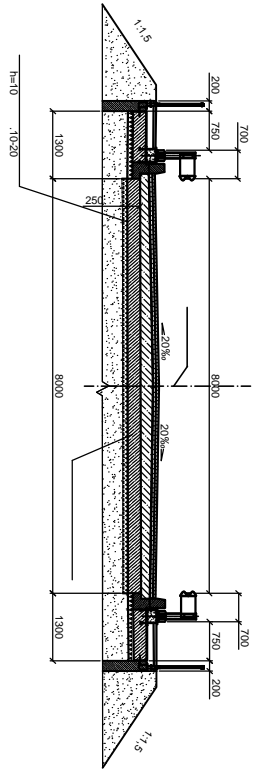


- 1. 3.500 1-102
- 2. 0.8
- 3. 33
- 4. 1.9804.2 3.500(1-1)

-2069059-08.04.01-151118-17	
4	9



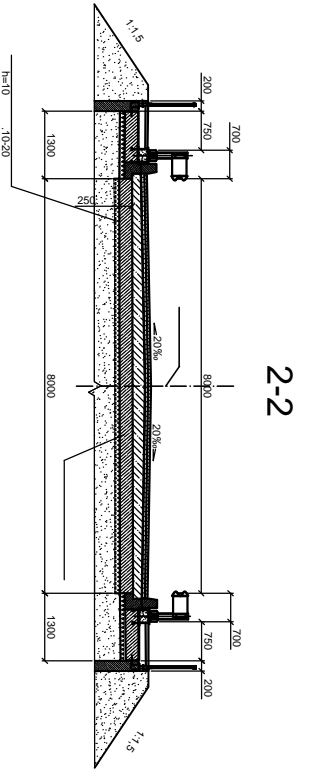
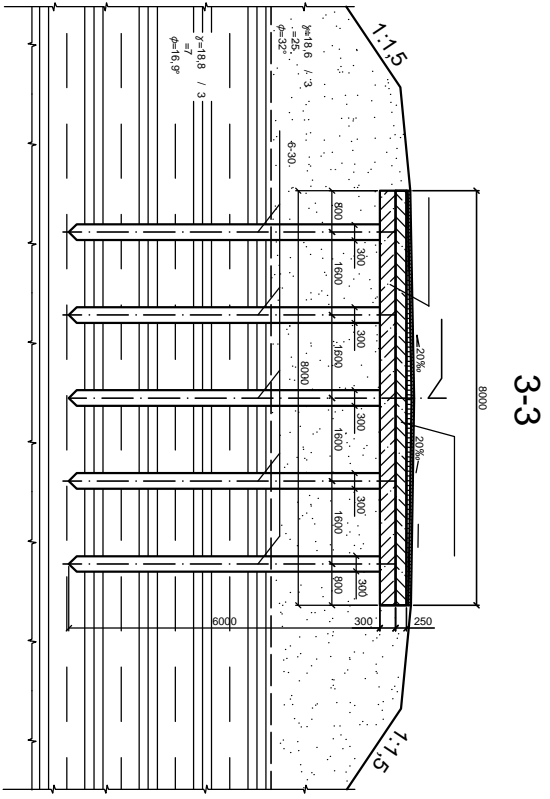
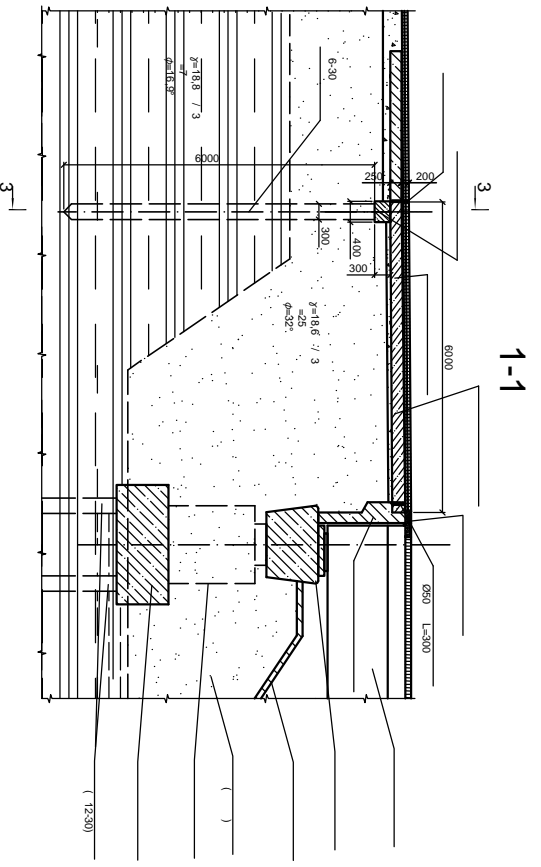
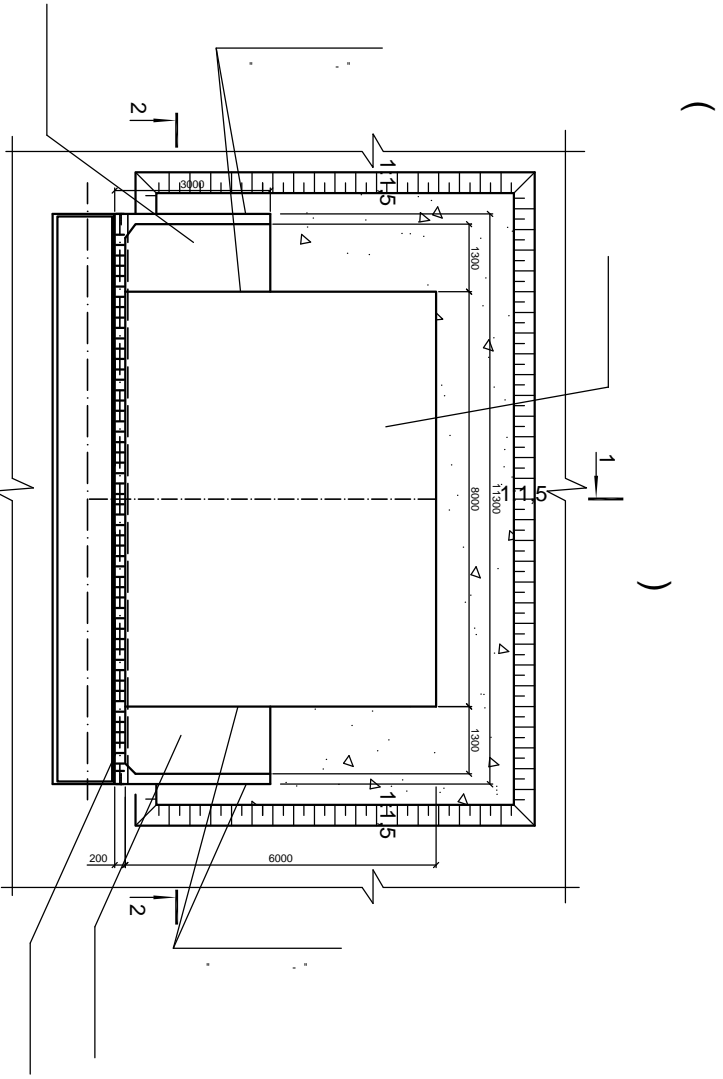
3-3



2-2

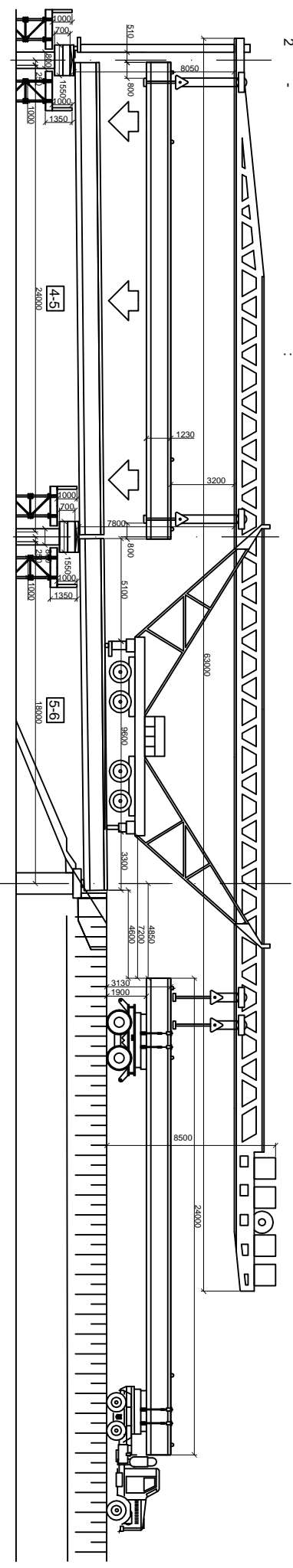
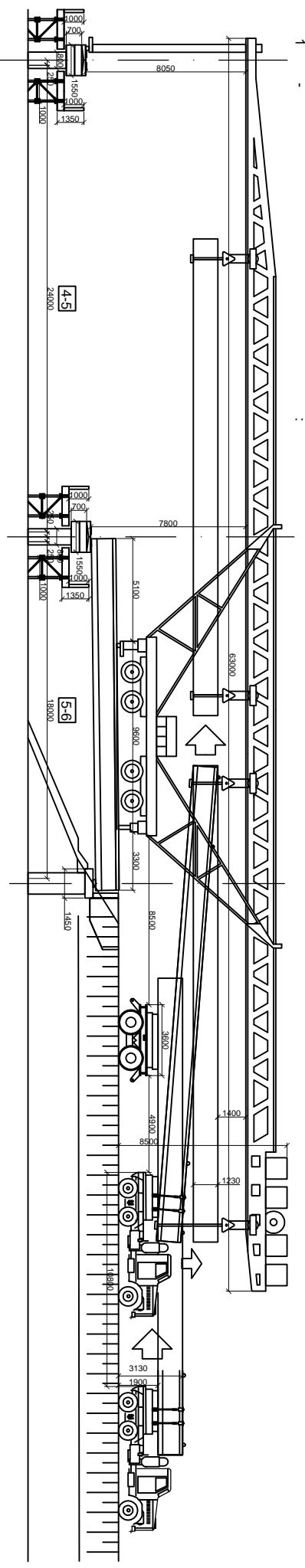
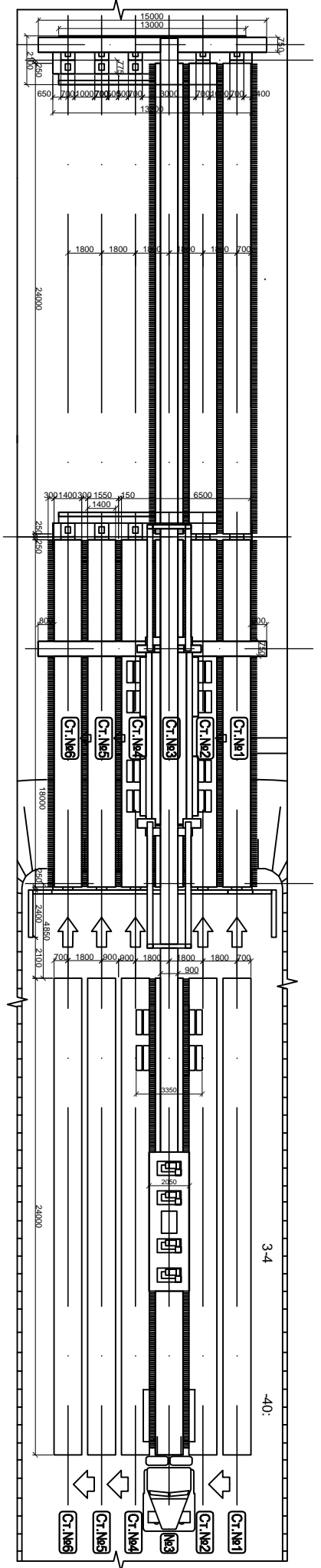
1. 3.503.1-96  
 2. 1-1

-2069059-08.04.01-151118-17	
5	9



1. 3.503.1-96  
1-1.

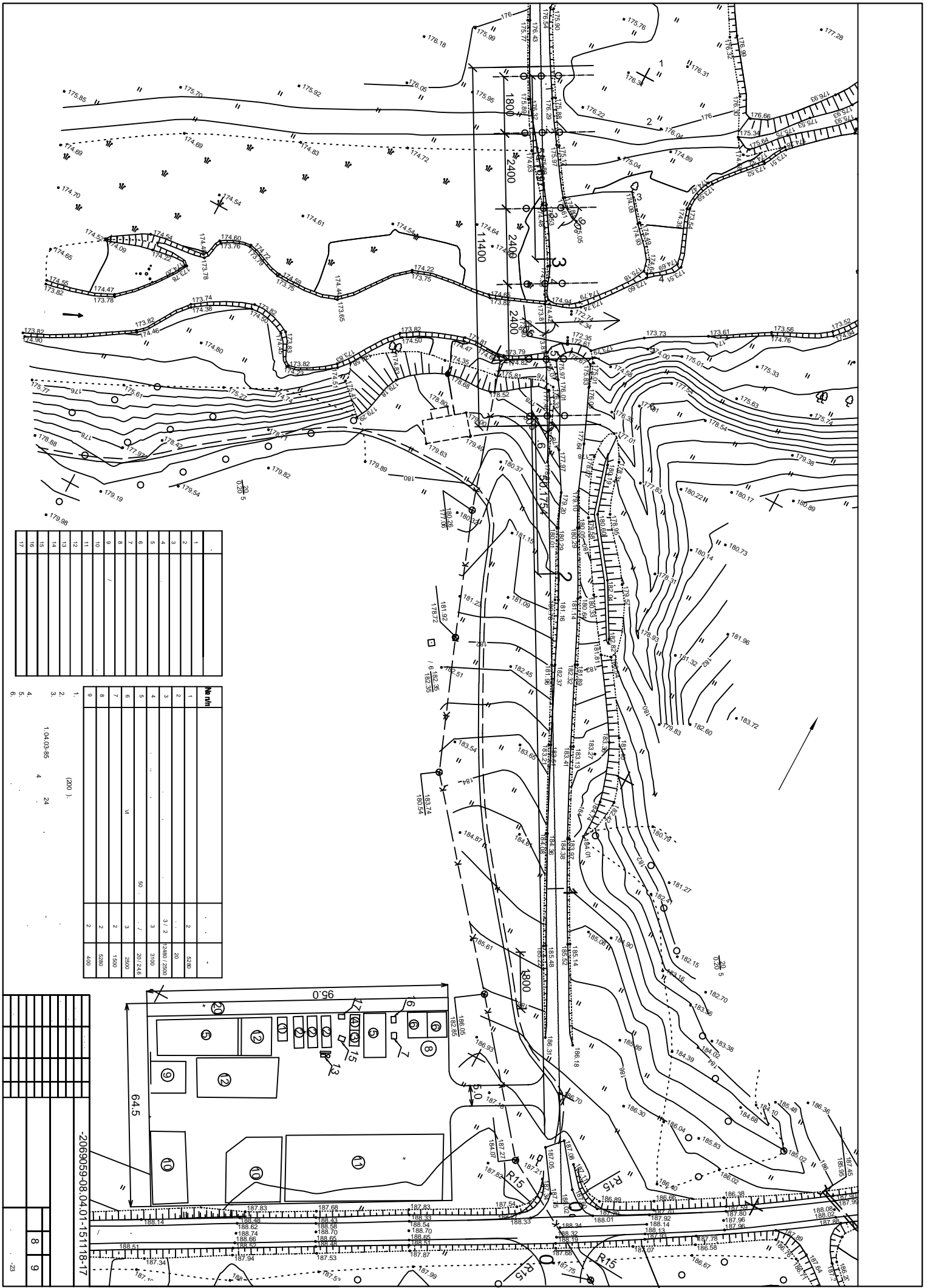
-2069059-08.04.01-151118-17	
6	9



CT.Nr1  
 CT.Nr1  
 25181  
 -40  
 1.  
 2.  
 3.  
 1, 2  
 3-4

1. 70.13330.2012  
 2. 3.03.01-87.  
 -40  
 1.  
 2.  
 3.

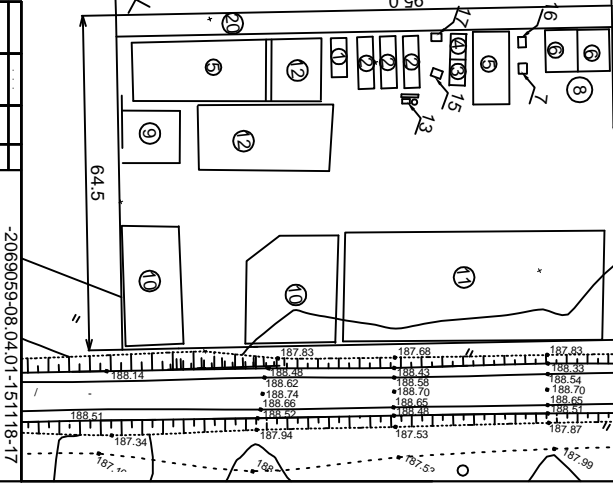
-2069059-08.04.01-151118-17	
7	9



1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	

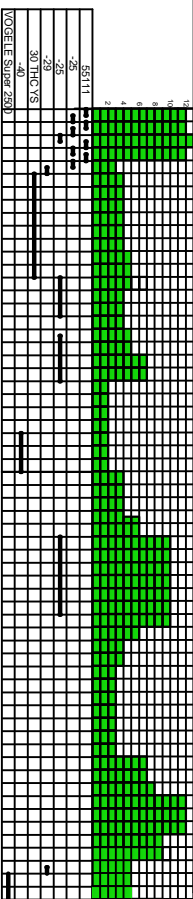
No.	Area	Volume
1	2	5280
2	2	20
3	31.2	32860/2990
4	3	3109
5	50	20724.6
6	3	2990
7	2	1590
8	2	5280
9	2	400

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	





Line	Code	Quantity	Unit	Price	Amount	Material	Waste	Quantity	Unit	Price	Amount	Material	Waste
1.1	01-02-016	1000 <sup>3</sup>		14.58	78.59	143.23	5511	10	2(4)		10		
1.2	\$ 2-1-28	100 <sup>3</sup>		145.8	0.22	4	-25	2	2(4)		2		
1.3	\$ 4-1-20	1		4	4.6	2.3	-25	1	0.5(1)		3		
1.4	\$ 2-1-31	1000 <sup>2</sup>		2.1	1.1	0.29	-29	1	0.5(1)		1		
2.1	\$ 12-28	1		84	1.4	7.8	2500	1	7(4)		8		
2.2	\$ 12-39	1		9.4	0.28	21.6	-10	1	1(2)		2		
2.3	\$ 12-67	1		12	3.31	20.4			1(2)		2		
2.4	\$ 4-1-2	1 <sup>3</sup>		216	2.48	12	-25	1	4(8)		3		
3	\$ 4-1-4	1		12	1.1	1.65	-25	1	1(2)		4		
4.1	\$ 4-3-20	1		8	10.5	10.5	-25	1	1(2)		4		
4.2	\$ 4-3-25	1		14	0.55	0.96			2(4)		4		
4.3	\$ 4-3-25	1 <sup>3</sup>		1.7	2.76	0.59	-25	1	0.5(1)		3		
5	\$ 4-3-21	1		24	2.4	7.2	-25	1	3(6)		5		
6	\$ 4-3-72	1		24	1.3	3.9			6(12)		2		
7	\$ 4-3-73	1		24	0.53	1.59					4		
8	\$ 4-3-79	1		18	5.6	12.6	-40	1	3(6)		2		
9.1	\$ 4-3-85	1		110	0.39	5.36			7(14)		4		
9.2	\$ 4-3-85	1 <sup>3</sup>		27	3	10.13			3.5(7)		2		
9.3	\$ 4-3-110	1		110	0.24	3.3			7(14)		4		
10	\$ 4-3-110	1		48	1.14	6.84	-25	1	6(12)		4		
11	\$ 4-3-110	1		24	0.29	0.87			3(6)		2		
12	\$ 4-3-110	1		20	0.55	1.38			2(4)		2		
13	\$ 4-3-111	1		292	0.82	29.93			9(18)		3		
14	\$ 4-3-112	100 <sup>2</sup>		21.83	12	32.75			3(6)		4		
15	\$ 4-3-112	100 <sup>2</sup>		29.1	12.5	45.47			4(8)		4		
16	\$ 4-3-112	100 <sup>2</sup>		29.1	18	65.48			4(8)		8		
17	\$ 17-52	100 <sup>2</sup>		3.64	8.7	3.96			0.5(1)		9		
18	\$ 17-52	100 <sup>2</sup>		3.64	0.63	0.29	-29	1	0.5(1)		1		
19	27-06-020	1000 <sup>2</sup>		5.09	38.3	24.37			1(2)		5		
20	27-06-021	1000 <sup>2</sup>		5.09	38.12	24.25	VOEGELE Super 2500	1	1(2)		5		



-2069059-08.04.01-151118-17

9	9
---	---