

• •

«

,

»

(для студентів 4 курсу денної форми навчання, 4-5 курсів заочної форми навчання напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» та для слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.06010101 «Промислове і цивільне будівництво»)

« , 4-5 » (4
6.060101
« » 7.06010101
« ») / . . - . -
. . . ; :: . . . - :: , 2013. - 65 .

: . . .

: . . . , . . .

9 22 2013 . ,

« , 4-5 »
« »
« ».

4
6.060101
7.06010101

. , ,
(,
, . .)
, .
, .
, .
, .
, .
, .
, .

1.

) : ;
) ;
) .

1.1.

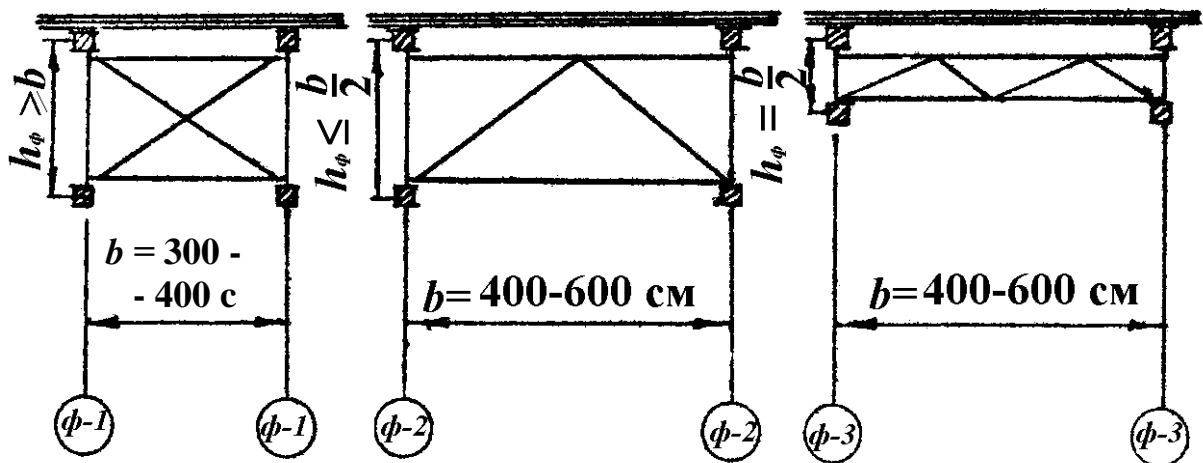
) - , (.
, , , - .
1:100 – 1:400 , .
- , , , .
(), -) .

1.2.

1:10. , 1:20 – 1:40,
() .
, , ,

20-25

(. 1).



. 1 -

20-30

()

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_{HT}} \leq R_{\sigma}, \quad (1)$$

$$M_{\max} = -\frac{ql^2}{8}, \quad (2)$$

$q = 1$;
 $l = 1$;
 $W_{HT} = 1$;
 $b = 1$;
 $R_{\sigma} = 25-80$.

$$\frac{f}{l} = \frac{2,13}{384} \cdot \frac{q^H \cdot l^3}{E \cdot J_{HT}} \leq \frac{f}{l}, \quad (3)$$

$f = 1$;
 $q^H = 1$;
 $E = 10^3$;
 $J_{HT} = 1$;
 $b = 1$;
 $\frac{f}{l} = 1$;
 .16 .25-80.

$$\gamma_t = 1,2, \quad P = P^H \cdot \gamma_t = 1 \cdot 1,2 = 1,2 \quad P^H = 1$$

$$\sigma_b = \frac{M_{\max}}{W_{HT}} \leq R_{\sigma} \cdot m_{\sigma}, \quad (4)$$

$$M_{\max} = 0,07 \cdot q_{\sigma,\sigma} \cdot l^2 + 0,207 \cdot P \cdot l$$

$x = 0,432l$;
 $q_{\sigma,\sigma} = 1$;
 $m_{\sigma} = 1,2$;
 $W_{HT} = 1$;
 $b = 0,5$.

15 (

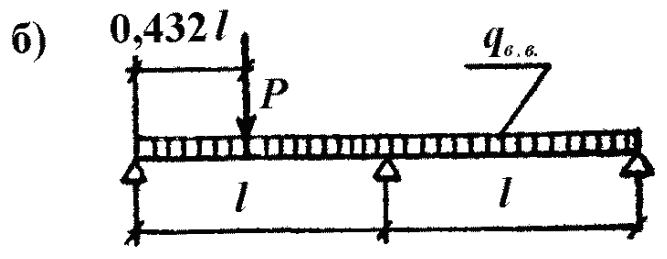
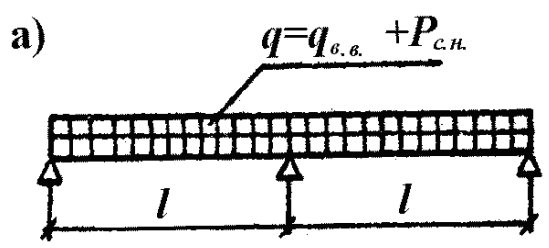
),

()

≤ 15 (

).

.2.



.2.)
) ;)

(
(
 $P = 1,2$)

:

16-19

Приклад 1. Розрахунок подвійного дощатого настилу будівельного виготовлення під тришарову руберойдну покрівлю

$B = 1,5$,

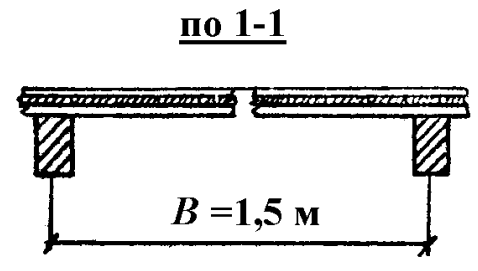
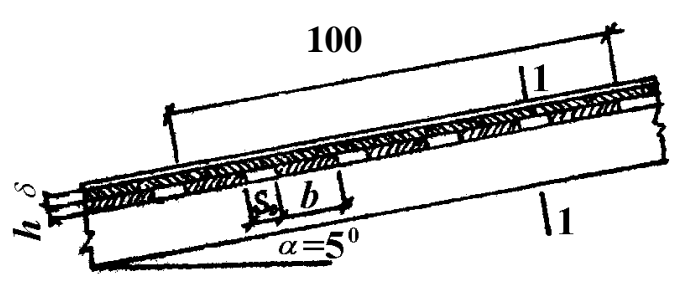
$i = 1:12$ (5°),

2

$b \cdot h = 15 \cdot 2,2$,

$S_0 = 10$,

$\delta = 1,6$ (.3).



.3 -

1 .

1 .

(.1).

1 –

<i>l</i>		$q^H, —$	γ_f	$q, —$
1.		0,1	1,2	0,12
2.	0,016 5,0	0,08	1,1	0,088
3.	$0,15 \cdot 0,022 \cdot \frac{100}{15+10} \cdot 5,0$	0,066	1,1	0,073
	$q_{6.6}^H =$	0,246		$q_{6.6} = 0,281$
4.		1,0	1,6	1,60
		$q^H = 1,246$		$q = 1,881$

1,6

4:

$$\frac{q_{6.6}}{p_{CH}^H} = \frac{0,246}{1,0} = 0,246 < 0,4, \quad \gamma_f = 1,6.$$

$$l = B = 1,5 \quad .$$

():

$$M_{\max}^1 = -\frac{ql^2}{8} = \frac{1,881 \cdot 1,5^2}{8} = -0,53 \quad . .$$

$$\frac{P = 1,2}{0,5}$$

.

1 ,

:

$$P = \frac{1,2}{0,5} = 2,4 \quad .$$

():

$$M_{\max}^2 = 0,07q_{6.6}l^2 + 0,207 \cdot P \cdot l =$$

$$= 0,07 \cdot 0,281 \cdot 1,5^2 + 0,207 \cdot 2,4 \cdot 1,5 = 0,789 \quad . > 0,53 \quad . ,$$

.

:

$$W_{HT} = \frac{bh^2}{6} \cdot \frac{100}{b+S_0} = \frac{15 \cdot 2,2^2}{6} \cdot \frac{100}{15+10} = 48,4 \quad ^3,$$

$$\frac{100}{b+S_0} -$$

,

1 .

$$\sigma = \frac{M_{\max}^2}{W_{HT}} = \frac{0,789 \cdot 10^3}{48,4} = 16,3 < R_e \cdot m_e = 14,0 \cdot 1,2 = 16,8 \quad (2) \quad (4).$$

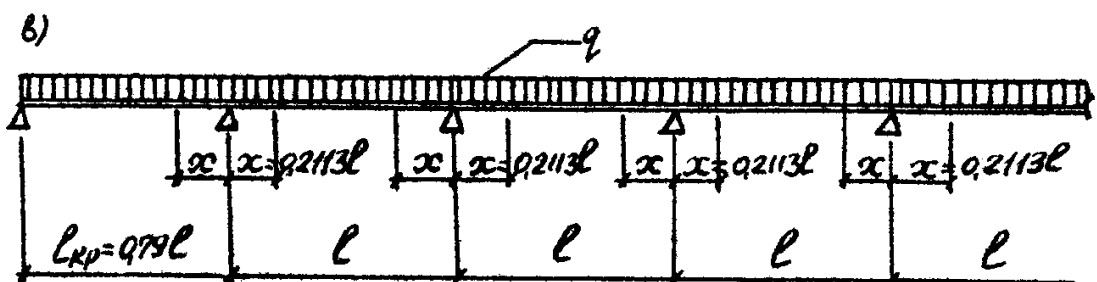
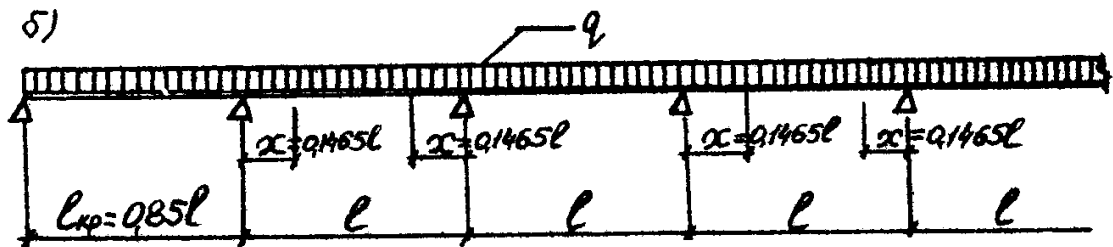
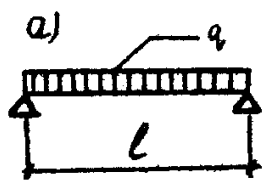
$$J_{HT} = W_{HT} \cdot \frac{h}{2} = 48,4 \cdot \frac{2,2}{2} = 53,24 \quad (3):$$

$$\frac{f}{l} = \frac{2,13}{384} \cdot \frac{1,246 \cdot 10^{-2} \cdot 150^3}{10^3 \cdot 53,2} = \frac{1}{228} < \frac{1}{150},$$

.25-80 (.16 .25-80).

2.2.2.

(. 4).



4 - ;)
 , x = 0,1465l - ;)
 , x = 0,2113l - ;
 l - , , , ...); x -

) однопролетні прогони

-1) _____

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W_{\text{розр}}} \leq R_g, \quad (5)$$

$$M = \frac{ql^2}{8}$$

q –

l –

$W_{\text{розр}}$ –

$$\frac{f}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^H \cdot l^3}{E \cdot J_{\text{розр}}} \leq \frac{f}{l}, \quad (6)$$

f –

q^H

E –

$J_{\text{розр}}$ –

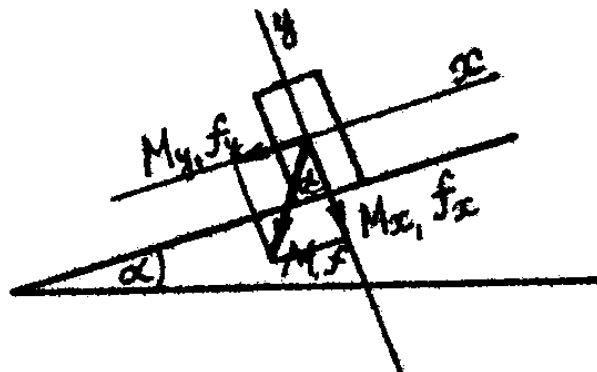
$\frac{f}{l}$ –

.16

.25-80.

-2) _____

(.5)



.5 –

$$\sigma = \frac{M_x}{W_{x \text{ розр}}} + \frac{M_y}{W_{y \text{ розр}}} \leq R_g, \quad (7)$$

$$M_x = M \cdot \cos \alpha, M_y = M \cdot \sin \alpha -$$

$$W_x \text{ розр}, W_y \text{ розр} -$$

$$x \ y;$$

$$\alpha -$$

:

(6),

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} -$$

$$f_x, f_y -$$

$$x \ y.$$

$$q_y$$

) багатопрольотні консольно-балочні прогони при $x = 0,1465l$ – рівномоментне рішення (.4,)

(5),

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{16} \quad M_{on} = -\frac{ql^2}{16}, M_{np} = +\frac{ql^2}{16},$$

$$M_{on} -$$

;

$$M_{np} -$$

$$\frac{f}{l} = \frac{2}{384} \cdot \frac{q^H \cdot l^3}{E \cdot J_{\text{розр}}} \leq \frac{f}{l} \quad (8)$$

$$l_{кр} = 0,85l,$$

$$l_{кр} = l$$

:

-

(5),

$$M_{\max} = -\frac{ql^2}{10} -$$

-

$$\frac{f}{l} = \frac{2,5}{384} \cdot \frac{q^H \cdot l^3}{E \cdot J_{\text{розр}}} \leq \frac{f}{l}; \quad (9)$$

) багатопрольотні консольно-балочні прогони при $x = 0,2113l$ – рівнопрогинне рішення (.4,)

(5),

$$M_{\max} = -\frac{ql^2}{12} \quad M_{on} = -\frac{ql^2}{12}, M_{np} = \frac{ql^2}{24} .$$

$$\frac{f}{l} = \frac{1}{384} \cdot \frac{q^H \cdot l^3}{E \cdot J_{\text{розр}}} \leq \frac{f}{l} \quad (10)$$

$$l_{кр} = 0,79l,$$

$$l_{кр} = l$$

$$(5), \quad M_{\max} = -\frac{ql^2}{10}$$

(9).

$n_{цс}$

$$n_{цс} = \frac{M_{on}}{2x_{цс} \cdot T_{цс}}, \quad (11)$$

M_{on} –

$x_{цс}$ –

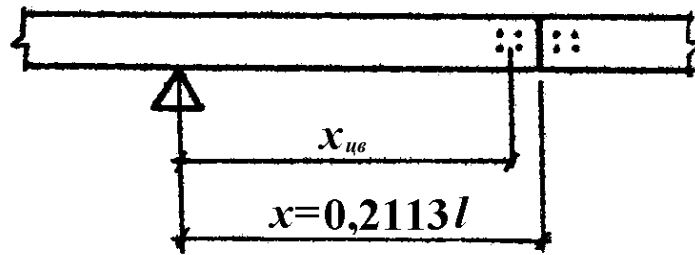
(6);

$T_{цс}$ –

. 17 –

-25-

80.



. 6 –

Приклад 2. Розрахунок спареного багатопрольотного прогону

Вихідні дані:

...) – 4,5

1.

(, ,

4,4 17,5

1²

(. 2).

1,6

4:

$$\frac{q_{в.в}}{P_{сн}^H} = \frac{0,298}{1,0} = 0,298 < 0,4, \quad \gamma_f = 1,6.$$

1

$b_n = 1,5$:

$$g^H = g^H \cdot b_n = 1,298 \cdot 1,5 = 1,947 \quad / ;$$

$$g = g \cdot b_n = 1,939 \cdot 1,5 = 2,91 \quad / .$$

$x = 0,2113l$.

2 -

		- -	- -	- -
<i>l</i>		$g^H, \frac{-}{2}$	γ_f	$g, \frac{-}{2}$
1.		0,1	1,2	0,12
2.	0,016 5,0	0,08	1,1	0,088
3.	$0,15 \cdot 0,022 \cdot \frac{100}{15+10} \cdot 5,0$	0,066	1,1	0,073
4	$\frac{2 \cdot 0,044 \cdot 0,175}{1,5} \cdot 5,0$	0,052	1,1	0,058
	$g_{e,e}^H =$	0,298	$g_{e,e} =$	0,339
5.		1,0	1,6	1,60
		$g^H = 1,298$		$g = 1,939$

$$M_{\max} = -\frac{ql^2}{10} = -\frac{2,91 \cdot 4,5^2}{10} = -5,9 \quad ,$$

$l = 4,5$ -

$$W_{\text{nomp}} = \frac{M_{\max}}{R_g} = \frac{5,9 \cdot 10^3}{13} = 454 \quad ^3,$$

$R_g = 13$ - 2

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{2 \cdot 4,4 \cdot 17,5^2}{6} = 449 \quad ^3 < W_{\text{nomp}} = 454 \quad ^3,$$

, $2 \cdot 4,4 \cdot 20$.

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{2 \cdot 4,4 \cdot 20,0^2}{6} = 587 \quad ^3$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{5,9 \cdot 10^3}{587} = 10,05 < R_g = 13$$

:

$$J = \frac{bh^2}{12} = \frac{2 \cdot 4,4 \cdot 20,0^2}{12} = 5866$$

(9):

$$\frac{f}{l} = \frac{2,5}{384} \cdot \frac{1,947 \cdot 10^{-2} \cdot 450^3}{10^3 \cdot 5866} = \frac{1}{508} < \frac{1}{200}$$

(.25-80 (17), .3 16).

Рохрахунок стика прогону

4028-63). , $\emptyset 3$, $l_{\text{ус}} = 80$ (0.25

(.6):

$$x = 0,2113l = 0,2113 \cdot 450 = 95$$

:

$$x_{\text{ус}} = 95 - (6 + 3) = 86$$

6 -

3 -

:

$$a_{\text{ус}} = l_{\text{ус}} - c - 0,2 \cdot n_{\text{ш}} - 1,5d_{\text{ус}} = 8 - 4,4 - 0,2 \cdot 1,0 - 1,5 \cdot 0,3 = 2,95$$

c -

$n_{\text{ш}} = 1 -$

0,2 -

$1,5d_{\text{ус}} -$

.25-80 $a_{\text{ус}}$

$4d_{\text{ус}}$.

$$a_{\text{ус}} = 2,95 > 4d_{\text{ус}} = 4 \cdot 0,3 = 1,2$$

$$a_{\text{ус}} = 4d_{\text{ус}},$$

$$a_{\text{ус}} = 0.$$

.17

.25-80.

$$T_{\text{ус}} = 2,5d_{\text{ус}}^2 + 0,01a_{\text{ус}}^2 = 2,5 \cdot 0,3^2 + 0,01 \cdot 2,95^2 = 0,312$$

$$4d_{\text{ус}}^2 = 4 \cdot 0,3^2 = 0,36$$

$$T_{y6} = 4d_{y6}^2 = 0,36 \quad . \quad 4d_{y6}^2,$$

(11):

$$n_{y6} = \frac{5,9 \cdot 10^2}{2 \cdot 8,6 \cdot 0,312} = 11 \quad .$$

$$, l_{y6} = 80 \quad 50 \quad . \quad \text{Ø } 3$$

- 12

.25-80:

$$S_1 \geq 15d_{y6} = 15 \cdot 0,3 = 4,5$$

$$c \geq 10d_{y6} = 10 \cdot 0,3 = 3 \quad .$$

$S_1 -$

4,5 ;

3 .

c

6 ,

4,4 ,

$$S_2 \geq 4d_{y6}$$

$$S_3 \geq 4d_{y6} -$$

6

$$S_2 = 2,5 \quad ,$$

$$4d_{y6} = 4 \cdot 0,3 = 1,2$$

$$S_3 = 3,75 \quad ,$$

$$4d_{y6} = 1,2 \quad .$$

$$\text{Перевірка: } 5 \cdot S_2 + 3 \cdot S_3 = 5 \cdot 2,5 + 3 \cdot 3,75 = 20 \quad , \quad 20 \quad -$$

2.2.3.

, (, , ...).
) - ;
) - 25-30%;
) - ;
) - (

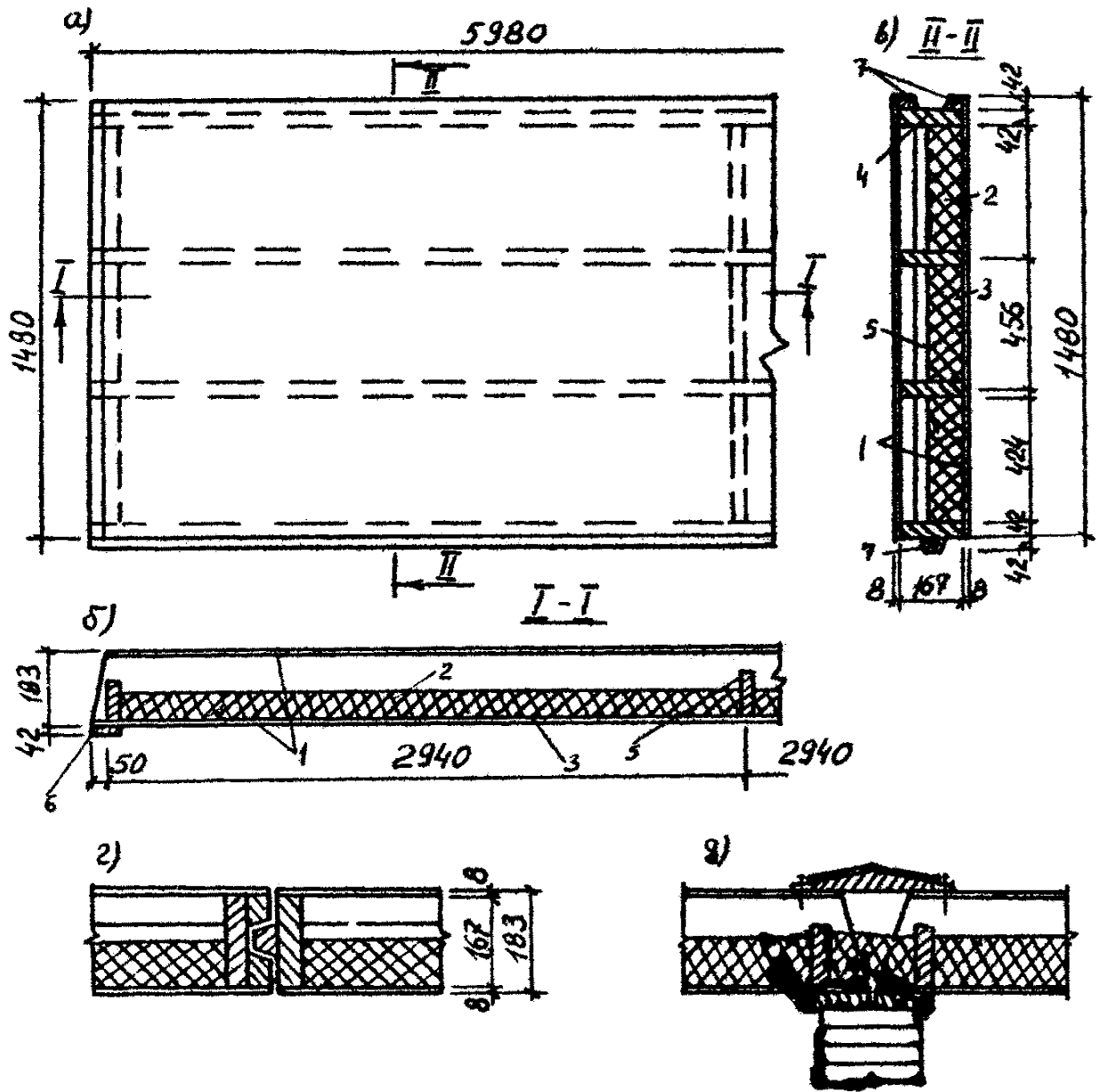
)) - (;
 , , ;
) -
 , .
 ,
 0,2 .
 -
 -
 .
 ,
 25 25 , 250 .
 () 144 ,
 / (. 7).
 , 8 .
 ,
 „ ”.
 .
 : 1,5 ,
 $\frac{1}{25} \div \frac{1}{35}$, 150 ,
 .
 ,
 -
 .
 :

$$J_{np.\phi} = J_{\phi} + J_{\partial ep} \cdot \frac{E_{\partial ep}}{E_{\phi}},$$

$$S_{np.\phi} = S_{\phi} + S_{\partial ep} \cdot \frac{E_{\partial ep}}{E_{\phi}},$$

$$W_{np.\phi} = \frac{J_{np.\phi}}{0,5h_n},$$

$J_{np.\phi}, S_{np.\phi}, E_{\phi}, h_n -$



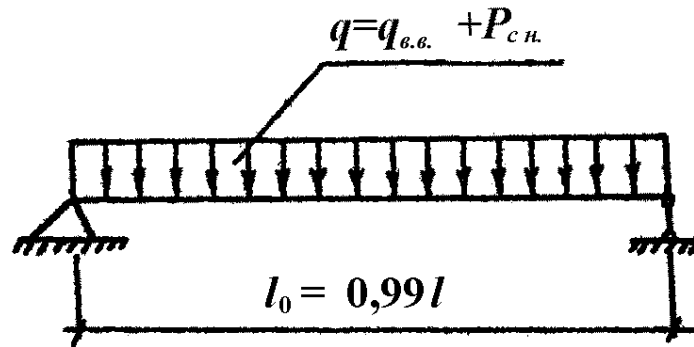
1) ; 2) ; 3) ; 4) ; 5) ; 6) ; 7) ;
 ; 1- ; $\delta \geq 8$;
 2- ; 3- ; 4- ; 5- ; 7-
 ; 6- ; 7-

$$b_{np} = 0,9b,$$

$$l \geq 6a \quad b_{np} = 0,15 \cdot \frac{b \cdot l}{a}, \quad l < 6a, \quad b -$$

, l - , a -

(. 8):



. 8 -

)

:

$$\sigma_p = \frac{M}{W_{np.\phi}} \leq R_{\phi.p} \cdot m_\phi, \quad (12)$$

$$M_{\max} = \frac{ql_0^2}{8} -$$

;

$$R_{\phi.p} -$$

;

$$q_{6.6} -$$

1

.

;

$$m_\phi -$$

,

$$: m_\phi = 0,6 -$$

;

$$m_\phi = 1,0 -$$

.

)

$$\sigma_c = \frac{M}{\varphi_\phi \cdot W_{np.\phi}} \leq R_{\phi.c}, \quad (13)$$

$$R_{\phi.c} -$$

;

$$\varphi_\phi -$$

,

:

$$\frac{c_1}{\delta_\phi} \geq 50$$

$$\varphi_\phi = \frac{1250}{2};$$

$$\frac{c_1}{\delta_\phi}$$

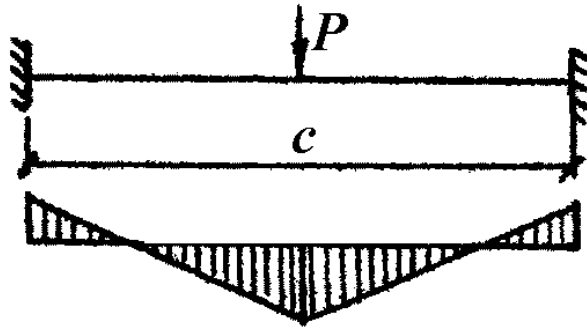
2

$$\frac{c_1}{\delta_\phi} < 50$$

$$\varphi_\phi = 1 - \frac{\frac{c_1}{\delta_\phi}}{5000},$$

$c_1 -$;
 $\delta_\phi -$.
)
 $P = 1,0 \cdot 1,2 = 1,2$, $1,0 -$
 ; $1,2 -$

100 () .
 (,
),
 (. 9) .



. 9 -

$$M = \frac{P \cdot c}{8}, \quad (14)$$

$c -$

$$\sigma_{\text{виз}} = \frac{M}{W} \leq R_{\phi.\text{виз}.90} \cdot m_{\text{виз}}, \quad (15)$$

$R_{\phi.\text{виз}.90} -$;

$m_{\text{виз}} = 1,2 -$;

$$W = \frac{100 \cdot \delta_\phi^2}{6} - \quad 100 ;$$

$\delta_\phi -$;

)

(

$$\tau_{\text{ск}} = \frac{Q \cdot S_{\text{нр.}\phi}}{J_{\text{нр.}\phi} \cdot b_{\text{позр}}} \leq R_{\phi.\text{ск}}, \quad (16)$$

$$\begin{aligned}
 S_{np.\phi} - & \\
 Q - & \\
 b_{розр} - & \\
 R_{\phi.ск} - & \\
) & \\
 \tau_{ск} = \frac{Q \cdot S_{np.\delta}}{J_{np.\delta} \cdot \sum b_p} \leq R_{ск.\delta}, & \quad (17)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{np.\delta} - & \\
 J_{np.\delta} - S_{np.\delta} - & \\
 \sum b_p - & \\
 R_{ск.\delta} - & \\
) & \\
 \frac{f}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^H \cdot l^3}{0,7 \cdot E_{\phi} \cdot J_{np.\phi}} \leq \frac{1}{250}, & \quad (18)
 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{250} -$$

16 [8].

Приклад 3. Розрахунок утепленої клеєфанерної панелі покриття

Вихідні дані:

$l = 6$ м, $q = 1,48$ кН/м², $E_{\phi} = 5,98 \cdot 10^4$ МПа;
 $\delta_{\phi} = 8$ мм, $R_{ск.\delta} = 10$ МПа, $R_{ск} = 10$ МПа;
 $J_{np.\delta} = 50$ (6-05-281-77), $J_{np.\phi} = 1$ м⁴;
 $b_n = 1480$ мм, $\tau_{ск} = 0,2$ МПа.

Компоновка робочого перерізу панелі

$$\delta_{\phi} = 8 \text{ мм}, \quad b_n = 1480 \text{ мм}$$

(1) 50 175 (12%)

)

$$l_o = 0,99l = 0,99 \cdot 5980 = 5920$$

$$h_n = h_p + 2\delta_\phi = 167 + 2 \cdot 8 = 183$$

$$\frac{h_n}{l_o} = \frac{183}{5920} = \frac{1}{32,4}$$

$$\left(\frac{1}{25} \div \frac{1}{35} l_o \right)$$

(. 7),

$$P = 1,0 \cdot 1,2 = 1,2 \quad (. 9)$$

() 100 .

$$C = \frac{148 - 2 \cdot 4,2}{3} = 46,6$$

3 -

/		$g^H, \frac{-}{2}$	γ_f	$g, \frac{-}{2}$
1.		0,12	1,2	0,144
2.	2·0,008·7,0	0,112	1,1	0,123
3.	) $\frac{5 \cdot 0,167 \cdot 0,042}{1,48} \cdot 5,0$	0,118	1,1	0,13
	) $\frac{3 \cdot 0,092 \cdot 0,042}{1,48} \cdot 5,0$	0,01	1,1	0,011
4	- $\frac{3 \cdot 0,008 \cdot 0,424}{1,48} \cdot 1,0$	0,069	1,2	0,083
5.		0,02	1,2	0,024
		$g_{e,e}^H = 0,449$	$g_{e,e} = 0,515$	
6.		1,0	1,58	1,58
		$g^H = 1,449$		$g = 2,095$

(. 9):

$$M = \frac{P \cdot C}{8} = \frac{1,2 \cdot 46,6}{8} = 6,99$$

$$W = \frac{b_n \cdot \delta_\phi^2}{6} = \frac{100 \cdot 0,8^2}{6} = 10,67$$

$$\sigma_{\text{виз}} = \frac{M}{W} = \frac{6,99}{10,67} = 0,66 \quad / \quad \sigma^2 = 6,6 < R_{\phi, \text{виз}, 90} \cdot m_{\text{виз}} = 6,5 \cdot 1,2 = 7,8$$

$$\frac{0,449}{1,0} = 0,449$$

$$\gamma_f = 1,58.$$

$$q^H = 1,449 \cdot 1,48 = 2,145 \quad / \quad ;$$

$$q = 2,095 \cdot 1,48 = 3,1 \quad / \quad .$$

Розрахункові характеристики матеріалів

$$10 \quad 11 \quad [8] \quad : \quad R_{\phi, p} = 14 \quad , \quad -$$

$$R_{\phi, c} = 12 \quad , \quad -$$

$$R_{\phi, \text{ск}} = 0,8 \quad , \quad R_{\phi, \text{виз}, 90} = 6,5 \quad , \quad E_\phi = 9000 \quad .$$

[8] :

$$E_\delta = 10000 \quad .$$

Геометричні характеристики перерізу панелі

[8],

. 4.25

$$b_{np} = 0,9 \cdot 148 = 133,2 \quad .$$

$$J_{np.\phi} = J_{\phi} + J_{\delta} \cdot \frac{E_{\delta}}{E_{\phi}} = \frac{b_{np} \cdot (h_n^3 - h_p^3)}{12} + \frac{n_p \cdot b_p \cdot h_p^3}{12} \cdot \frac{E_{\delta}}{E_{\phi}} =$$

$$= \frac{133,2 \cdot (18,3^3 - 16,7^3)}{12} + \frac{4 \cdot 4,2 \cdot 16,7^3}{12} \cdot \frac{10000}{9000} = 23573,4 \quad 4.$$

$$W_{np.\phi} = \frac{2 \cdot J_{np.\phi}}{h_n} = \frac{2 \cdot 23573,4}{18,3} = 2576 \quad 3.$$

Перевірка панелі на міцність

)

$$M_{\max} = \frac{ql_0^2}{8} = -\frac{3,1 \cdot 5,92^2}{8} = 13,6 \quad ,$$

$$\sigma_p = \frac{M}{W_{np.\phi}} = \frac{13,6 \cdot 10^2}{2576} = 0,53 \quad / \quad ^2 = 5,3 \quad < 0,6 \cdot 14 = 8,4 \quad ,$$

0,6 –

” ”;

)

φ_{ϕ} .

$$c_1 = 42,4$$

$$\delta_{\phi} = 0,8$$

$$\frac{c_1}{\delta_{\phi}} = \frac{42,4}{0,8} = 53 > 50, \quad \varphi_{\phi} = \frac{1250}{\frac{c_1}{\delta_{\phi}}} = \frac{1250}{53^2} = 0,445.$$

$$\sigma_c = \frac{M}{\varphi_{\phi} \cdot W_{np.\phi}} = \frac{13,6 \cdot 10^2}{0,445 \cdot 2576} = 1,19 \quad / \quad ^2 = 11,9 \quad < R_{\phi.c} = 12 \quad ;$$

)

(

)

$$\tau_{ск} = \frac{Q \cdot S_{np.\phi}}{I_{np.\phi} \cdot b_{розр}} \leq R_{\phi.ск}, \quad (16)$$

Q –

:

$$Q = \frac{ql_0}{2} = -\frac{3,1 \cdot 5,92}{2} = 9,16 \quad ,$$

$S_{np.\phi}$ –

:

$$S_{np.\phi} = b_{np} \cdot \delta_{\phi} \cdot \frac{h_n}{2} - \frac{h_{\phi}}{2} = 133,2 \cdot 0,8 \cdot \frac{18,3}{2} - \frac{0,8}{2} = 932,4 \quad ^3,$$

$b_{розр.} -$

$$b_{розр.} = 4 \cdot 4,2 = 16,8 \quad .$$

$$\tau = \frac{9,16 \cdot 932,4}{23573,4 \cdot 16,8} = 0,0216 \quad / \quad ^2 = 0,215 \quad < R_{\phi.ск} = 0,8 \quad .$$

)
(17):

$$\tau_{ск} = \frac{Q \cdot S_{np.\delta}}{J_{np.\delta} \cdot \sum \delta_p} \leq R_{ск.\delta}$$

$S_{np.\delta} -$

:

$$S_{np.\delta} = S_{\delta} + S_{\phi} \cdot \frac{E_{\phi}}{E_{\delta}} = \frac{4 \cdot 4,2 \cdot 16,7}{2} \cdot \frac{16,7}{4} + 932,4 \cdot \frac{9000}{10000} = 1424,83 \quad ^3;$$

$J_{np.\delta} -$

$$J_{np.\delta} = J_{\delta} + J_{\phi} \cdot \frac{E_{\phi}}{E_{\delta}} = \frac{n_p \cdot b_p \cdot h_p^3}{12} + \frac{b_{np} \cdot (h_n^3 - h_p^3)}{12} \cdot \frac{9000}{10000} =$$

$$= \frac{4 \cdot 4,2 \cdot 16,7^3}{12} + \frac{133,2 \cdot (18,3^3 - 16,7^3)}{12} \cdot \frac{9000}{10000} = 21216 \quad ^4;$$

$\sum \delta_p -$

$$\sum \delta_p = 4 \cdot 4,2 = 16,8 \quad .$$

$$\tau_{ск} = \frac{9,16 \cdot 1424,83}{21216 \cdot 16,8} = 0,0366 \quad / \quad ^2 = 0,366 \quad < R_{ск.\delta} = 1,6 \quad .$$

Перевірка жорсткості панелі

) (18)

$$\frac{f}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,02145 \cdot 592^3}{0,7 \cdot 900 \cdot 23573,4} = \frac{1}{256} < \frac{1}{250},$$

$$E_{\phi} = 9000 \quad = 900 \quad / \quad ^2 - \quad ;$$

$$\frac{f}{l} = \frac{1}{250} -$$

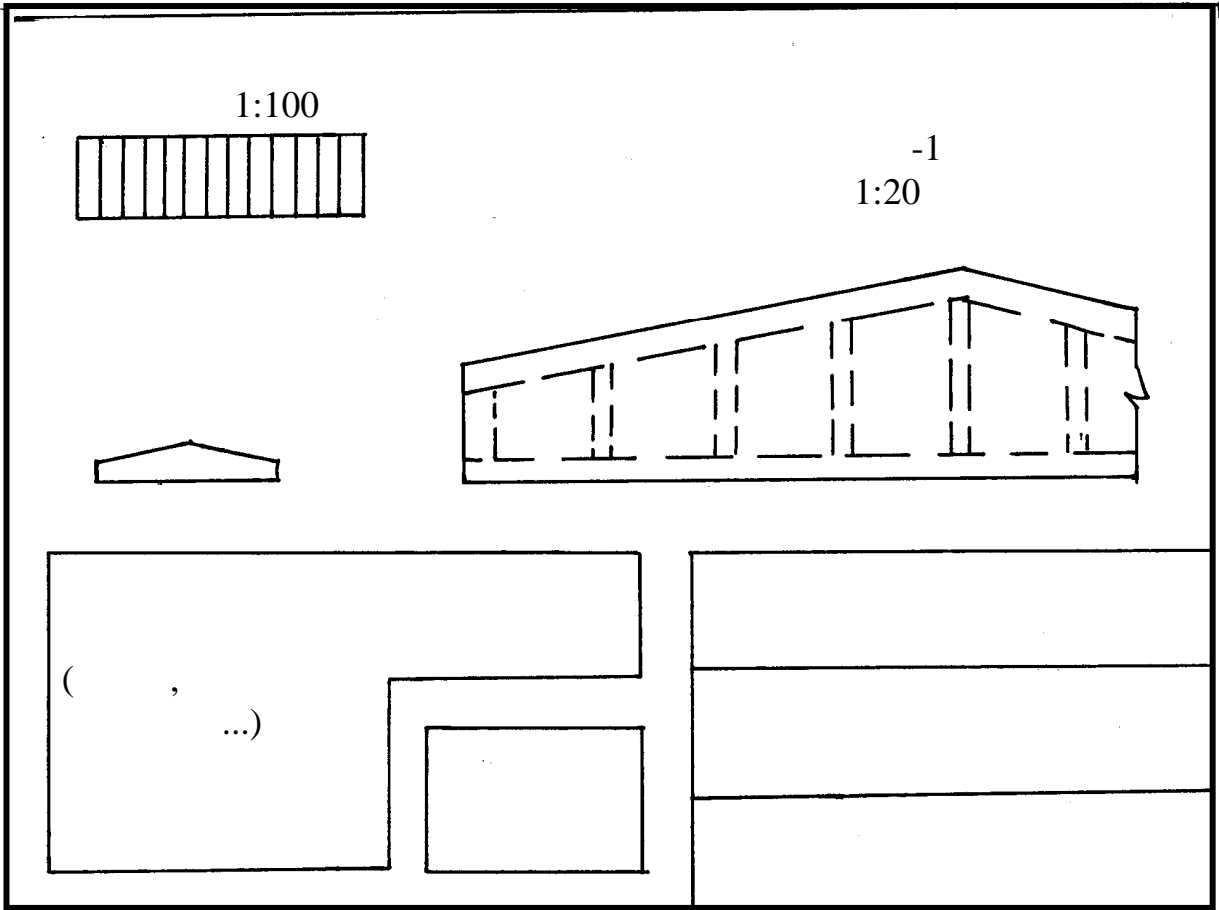
. 16 [8].

3.

() - 7
 , - 8 ,
 -2, :
) 1:100 ÷ 1:400;
) ()
) 1:500 ÷ 1:1000;
) ()
) 1:20 ÷ 1:40.
 , ;
) ;
) () ,
) 1:5 ÷ 1:10;
) () ;
) , , , ,
 ; ;

10.

20 . -4.
 :
) ;
) ()
) % ;
) ()
) ;
));
) () ;
) ,
 . 4 . 11,
 () .



. 10 -

, . -
:
, -
, ,
1, 2 3

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	$1 \frac{15-4,0}{\text{III}-}$	$2 \frac{12-5,4}{\text{III}-}$	$3 \frac{8-5,3}{\text{II}-}$	$4 \frac{12-5,9}{\text{I}-}$	$4 \frac{13-4,7}{\text{II}-}$	$2 \frac{13-4,0}{\text{II}-}$	$1 \frac{14-4,1}{\text{III}-}$	$4 \frac{14-4,6}{\text{III}-}$	$2 \frac{14-4,2}{\text{III}-}$	$1 \frac{13-4,3}{-}$
1	$4 \frac{15-5,8}{\text{II}-}$	$3 \frac{9-5,7}{\text{IV}-}$	$4 \frac{16-4,5}{\text{II}-}$	$2 \frac{15-3,5}{\text{II}-}$	$1 \frac{12-3,6}{\text{IV}-}$	$3 \frac{10-3,7}{\text{II}-}$	$1 \frac{12-3,8}{\text{III}-}$	$2 \frac{16-5,6}{\text{IV}-}$	$1 \frac{11-3,9}{\text{II}-}$	$3 \frac{11-5,5}{\text{III}-}$
2	$2 \frac{12-4,1}{\text{II}-}$	$3 \frac{12-4,2}{\text{II}-}$	$1 \frac{11-4,3}{\text{II}-}$	$4 \frac{17-5,7}{-}$	$4 \frac{18-4,4}{\text{III}-}$	$2 \frac{17-4,5}{-}$	$3 \frac{12-4,6}{-}$	$2 \frac{18-5,7}{-}$	$4 \frac{18-4,3}{-}$	$1 \frac{10-5,6}{-}$
3	$3 \frac{11-4,2}{\text{II}-}$	$1 \frac{13-5,9}{\text{III}-}$	$2 \frac{19-5,8}{\text{II}-}$	$4 \frac{17-4,2}{-}$	$2 \frac{20-4,4}{-}$	$1 \frac{15-4,5}{-}$	$2 \frac{20-4,6}{-}$	$1 \frac{14-4,7}{-}$	$3 \frac{10-4,8}{-}$	$4 \frac{16-4,1}{-}$
4	$1 \frac{13-5,7}{\text{III}-}$	$4 \frac{15-4,0}{\text{II}-}$	$2 \frac{19-5,6}{\text{III}-}$	$1 \frac{12-3,6}{-}$	$3 \frac{9-3,8}{-}$	$4 \frac{14-3,9}{-}$	$3 \frac{8-5,9}{-}$	$2 \frac{18-4,1}{-}$	$1 \frac{11-4,2}{-}$	$3 \frac{7-4,4}{\text{IV}-}$
5	$4 \frac{13-3,8}{\text{III}-}$	$1 \frac{10-4,4}{\text{II}-}$	$2 \frac{17-4,5}{\text{IV}-}$	$3 \frac{8-4,6}{-}$	$3 \frac{9-5,0}{\text{IV}-}$	$1 \frac{11-5,8}{-}$	$4 \frac{13-3,7}{-}$	$3 \frac{10-4,9}{\text{IV}-}$	$1 \frac{12-5,7}{-}$	$1 \frac{13-5,0}{\text{IV}-}$
6	$1 \frac{14-4,7}{\text{II}-}$	$3 \frac{11-5,8}{\text{III}-}$	$3 \frac{12-4,6}{\text{IV}-}$	$1 \frac{15-5,9}{\text{IV}-}$	$2 \frac{16-4,5}{-}$	$1 \frac{15-4,4}{-}$	$3 \frac{11-5,7}{-}$	$4 \frac{14-4,0}{-}$	$2 \frac{15-5,6}{\text{IV}-}$	$2 \frac{14-4,2}{-}$
7	$2 \frac{13-4,1}{\text{II}-}$	$3 \frac{10-4,0}{\text{II}-}$	$1 \frac{14-5,5}{\text{II}-}$	$1 \frac{13-3,9}{-}$	$3 \frac{9-3,8}{-}$	$2 \frac{12-3,7}{-}$	$2 \frac{13-3,6}{-}$	$3 \frac{8-5,0}{-}$	$4 \frac{15-4,3}{-}$	$3 \frac{9-4,9}{-}$
8	$3 \frac{10-3,6}{\text{IV}-}$	$2 \frac{14-5,4}{\text{II}-}$	$1 \frac{12-3,7}{\text{III}-}$	$2 \frac{15-3,8}{-}$	$1 \frac{14-3,9}{-}$	$4 \frac{16-4,1}{-}$	$1 \frac{13-4,1}{-}$	$1 \frac{11-4,2}{\text{IV}-}$	$4 \frac{17-5,6}{-}$	$3 \frac{11-5,1}{\text{IV}-}$
9	$1 \frac{11-4,3}{\text{II}-}$	$1 \frac{10-4,4}{\text{I}-}$	$2 \frac{16-4,5}{\text{I}-}$	$3 \frac{12-4,6}{-}$	$3 \frac{11-4,9}{-}$	$3 \frac{10-4,7}{-}$	$4 \frac{18-4,2}{-}$	$2 \frac{17-4,4}{-}$	$1 \frac{12-5,6}{-}$	$1 \frac{13-4,3}{-}$

:

()

(), ;

:

-

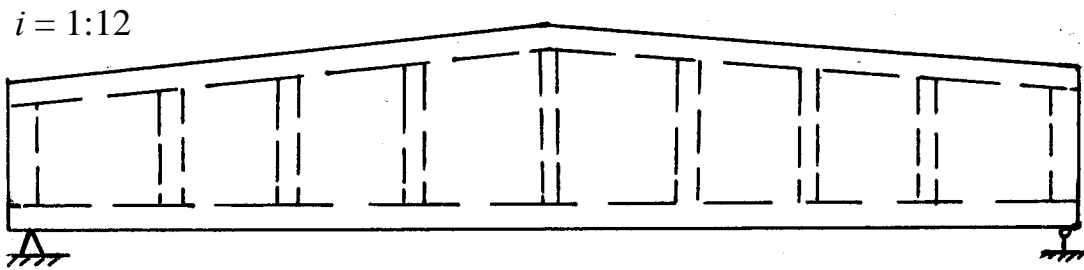
:

;

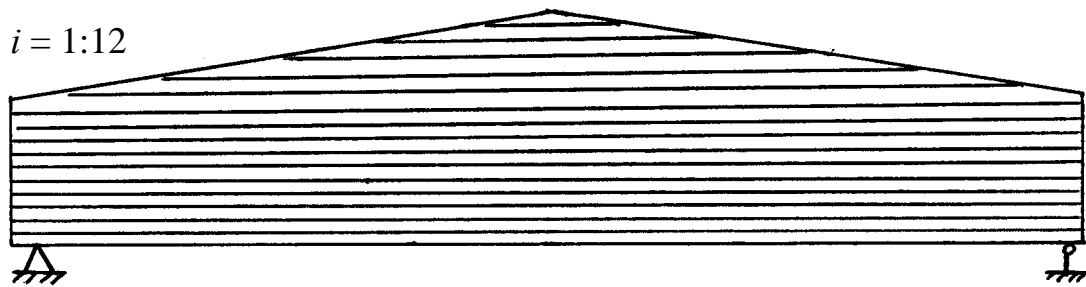
()

-

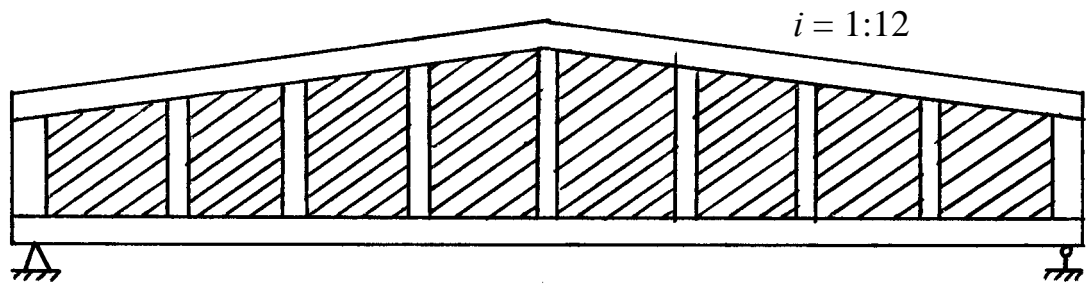
().



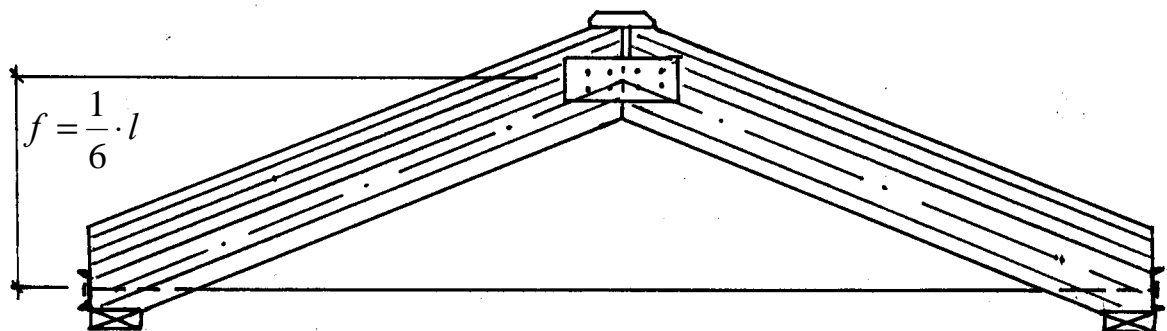
1.



2.



3.



4.

. 11 -

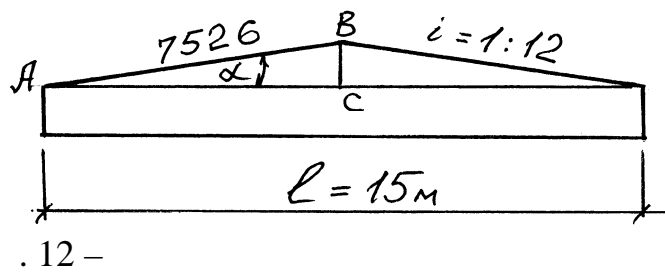
Приклад 4. Розрахунок РГР

_____ 00: $1 \frac{15-4,0}{-}$

Вихідні дані:

- _____ - 1 (_____);
- _____ - 15 ;
- _____ - 4,0 ;
- _____ - _____ ;
- _____ ;
- _____ , $P_{CH}^H = 1 / ^2$.

AB 1:12 (_____ . 12).



$$BC = \frac{1}{12} \cdot \frac{l}{2} = \frac{1}{12} \cdot \frac{15}{2} = 0,625$$

$$AB = \sqrt{AC^2 + BC^2} = \sqrt{7,5^2 + 0,625^2} = 7,526$$

AB

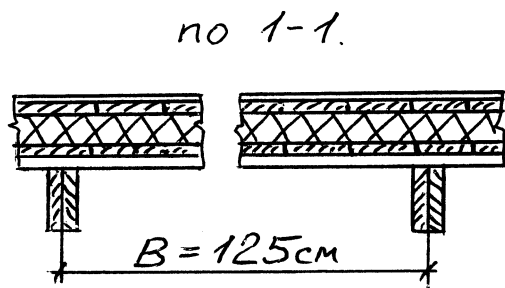
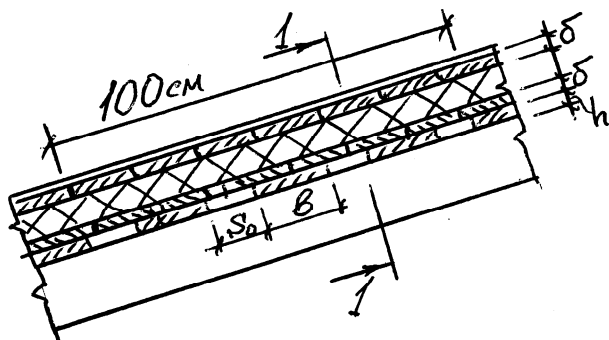
$b_n = 1,25$ (1,25 6 = 7,5).

Розрахунок подвійного дощатого настилу будівельного виготовлення

_____ : _____ - 3- _____ ,
 1,25 ; _____ $b \times h = 15 \times 2,2$,

$S_0 = 10$,

$\delta = 1,6$.



. 13 -

/		$q^H, \text{—}$	γ_f	$q, \text{—}$
1.		0,10	1,2	0,12
2.	0,016 5,0	0,08	1,1	0,088
3.	$\delta = 0,07$; $\gamma = 0,5 / ^3$	0,035	1,2	0,042
4.	0,016 5,0	0,08	1,1	0,088
5.	$0,15 \cdot 0,022 \frac{100}{15+10} \cdot 5,0$	0,066	1,1	0,073
	$q_{c.e}^H =$	0,361	$q_{c.e} = 0,411$	
6.		1,00	1,6	1,60
	$q^H = 1,361$		$q = 2,011$	

100 .

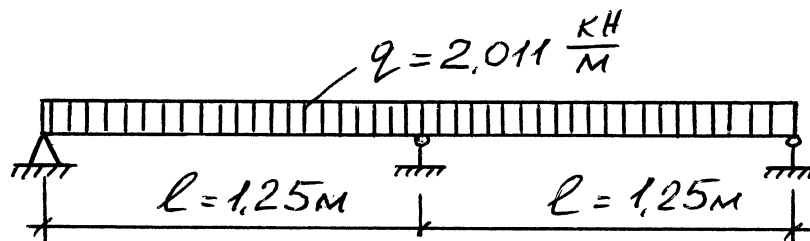
1 .

(. 13).

$$l = 1,25 \text{ .}$$

(. 14):

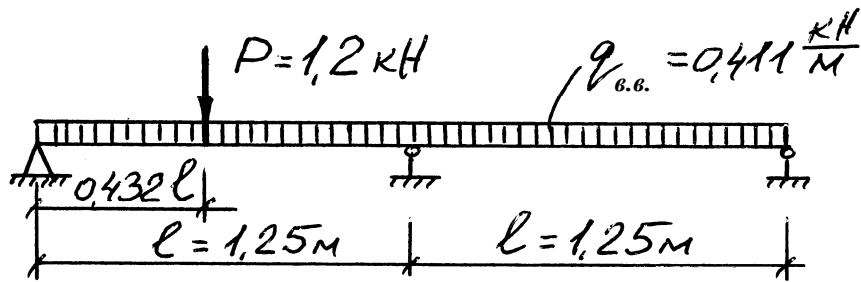
$$M_{\max}^1 = \frac{ql^2}{8} = \frac{2,011 \cdot 1,25^2}{8} = 0,393 \text{ . .}$$



. 14 -

$P = 1,2$ (. 15).

$$\begin{aligned}
 M_{\max}^2 &= 0,07 q_{c.e} \cdot l^2 + 0,207 \cdot P \cdot l = \\
 &= 0,07 \cdot 0,411 \cdot 1,25^2 + 0,207 \frac{1,2}{0,5} \cdot 1,25 = 0,666 \text{ . .}
 \end{aligned}$$



. 15 -

$$W_{HT} = \frac{bh^2}{6} \cdot \frac{100}{b+S_0} = \frac{15 \cdot 2,2^2}{6} \cdot \frac{100}{15+10} = 48,4 \quad 3.$$

$$\frac{100}{15+10} -$$

100 .

$$\sigma = \frac{M_{\max}^2}{W_{HT}} = \frac{0,666 \cdot 10^3}{48,4} = 13,76 < R_g \cdot 1,2 = 13,0 \cdot 1,2 = 15,6$$

$$J = W \cdot \frac{h}{2} = 48,4 \cdot \frac{2,2}{2} = 53,24 \quad 4.$$

$$\frac{f}{l} = \frac{2,13}{384} \cdot \frac{q^H \cdot l^3}{E \cdot J} = \frac{2,13}{384} \cdot \frac{1,361 \cdot 10^{-2} \cdot 125^3}{10^3 \cdot 53,24} = \frac{1}{361} < \frac{1}{150},$$

(. 16 [8])

Розрахунок спареного багатопрольотного прогону

Дано:

- 4,0 .

Розв'язання:

2-

4,4 17,5 .

1²

$$g_{в.в.}^H = \frac{2 \cdot 0,044 \cdot 0,175 \cdot 5,0}{1,25} = 0,0616 \quad \frac{1}{2},$$

$$: g_{в.в.} = 0,0616 \cdot 1,1 = 0,068 \quad \frac{1}{2}.$$

$$g^H = 1,361 + 0,0616 = 1,4226 \frac{\text{H}}{2};$$

$$g = 2,011 + 0,068 = 2,079 \frac{\text{H}}{2}.$$

1 .

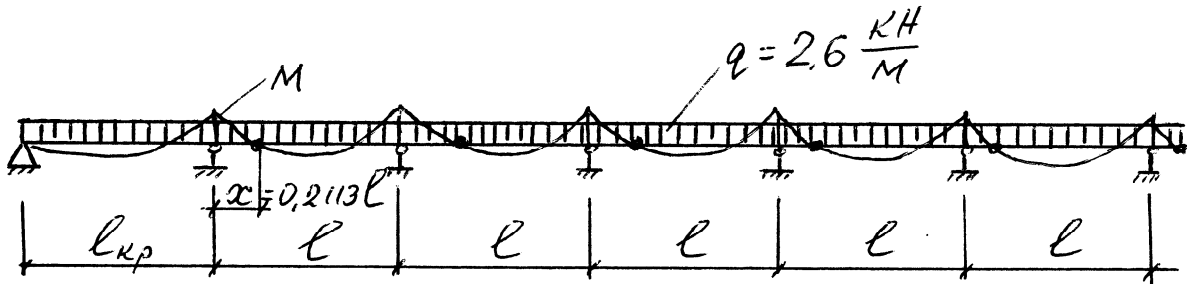
1,25 :

$$q^H = 1,4226 \cdot 1,25 = 1,78 \text{ —};$$

$$q = 2,079 \cdot 1,25 = 2,60 \frac{\text{H}}{\text{M}}.$$

$$x = 0,2113l \quad (\text{ . 16}).$$

$$l_{\text{кр}} = l,$$



. 16 -

$$M_{\text{max}} = \frac{ql^2}{10} = \frac{2,60 \cdot 4^2}{10} = 4,16 \text{ . .}$$

$$W_{\text{необх.}} = \frac{M_{\text{max}}}{R_g} = \frac{4,16 \cdot 10^3}{13,0} = 320 \text{ }^3.$$

2 (4,4 15)

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{2 \cdot 4,4 \cdot 15^2}{6} = 330 \text{ }^3 > 320 \text{ }^3.$$

:

$$\sigma = \frac{4,16 \cdot 10^3}{330} = 12,6 < R_g = 13,0 \text{ ,}$$

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{2 \cdot 4,4 \cdot 15^3}{12} = 2475 \text{ cm}^4$$

$$\frac{f}{l} = \frac{2,5}{384} \cdot \frac{q^H \cdot l^3}{E \cdot J} = \frac{2,5}{384} \cdot \frac{1,78 \cdot 10^{-2} \cdot 400^3}{10^3 \cdot 2475} = \frac{1}{333} < \frac{1}{200}$$

Розрахунок стику прогонів

$\varnothing 3$, $l_{у\delta} = 80$.

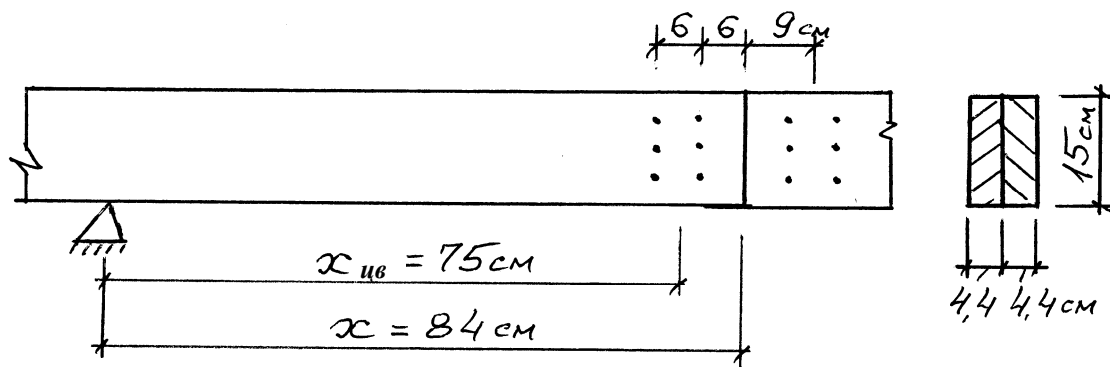
$x = 0,2113l = 0,2113 \cdot 4,0 = 0,84$.

(. 17):

$x_{у\delta} = 84 - (6 + 3) = 75$,

6 -

; 3 -



. 17 -

$a_{у\delta} = l_{у\delta} - c - 0,2 \cdot n_{ш} - 1,5d_{у\delta} = 8 - 4,4 - 0,2 \cdot 1 - 1,5 \cdot 0,3 = 2,65$,

$c = 4,4$ - ; $n_{ш} = 1$ -

; 0,2 - ; $1,5d_{у\delta}$ -

; $a_{у\delta} = 2,65 > 4d_{у\delta} = 4 \cdot 0,3 = 1,2$,

25-80

(. 17 [8]):

$T_{у\delta}^c = 0,50cd = 0,50 \cdot 4,4 \cdot 0,3 = 0,66$;

$T_{у\delta}^g = 2,50d^2 + 0,01a^2 = 2,50 \cdot 0,3^2 + 0,01 \cdot 2,65^2 = 0,2953$,

$4,0d^2 = 4,0 \cdot 0,3^2 = 0,36$.

$n_{у\delta} = \frac{M_{on}}{2x_{у\delta} \cdot T_{у\delta}} = \frac{4,16 \cdot 10^2}{2 \cdot 75 \cdot 0,2953} = 9,4$.

10

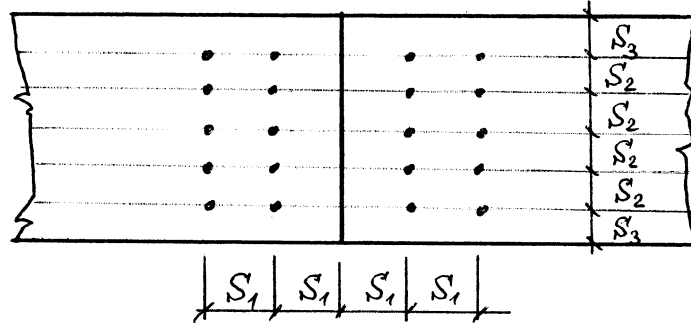
5

$\varnothing 3$, $l_{цв} = 80$

50

10

25-80 (. 18).



. 18 -

S_1

$$15 d_{цв} = 15 \cdot 0,3 = 4,5$$

$$c \geq 10 d_{цв} = 10 \cdot 0,3 = 3$$

S_1 -

6

$$c = 4,4$$

4,5

3

$$S_2 \geq 4 d_{цв}$$

$$S_3 \geq 4 d_{цв}$$

5

$$S_2 = S_3 = 2,5$$

$$4 d_{цв} = 4 \cdot 0,3 = 1,2$$

$$15 = 4 S_2 + 2 S_3 = 6 \cdot 2,5$$

Розрахунок клеєфанерної балки

Дано:

$$l = 15$$

$$- B = 4$$

$$i = 1:12.$$

:

1

,

/

Розв'язання:

$$g^H = 1,4226 \frac{H}{2}; g = 2,079 \frac{H}{2}:$$

$$g_{в.в.}^H = \frac{g^H}{\frac{1000}{K_{св} \cdot l} - 1} = \frac{1,4226}{\frac{1000}{3,5 \cdot 15} - 1} = 0,079 \frac{H}{2}.$$

:

$$q^H = (g^H + g_{\text{в.в.}}^H)B = (1,4226 + 0,079) \cdot 4,0 = 6,01 \quad \text{—}.$$

$$q = (g + g_{\text{в.в.}}^H \cdot \gamma_f)B = (2,079 + 0,079 \cdot 1,1) \cdot 4,0 = 8,67 \quad \frac{\text{H}}{.}$$

$$h_{\text{cep}} = \frac{l}{10} = \frac{15}{10} = 1,5 \quad .$$

$$: h_{\text{on}} = h_{\text{cep}} - i \frac{l}{2} = 1,5 - \frac{1}{12} \cdot \frac{15}{2} = 0,88 \quad .$$

$$\delta_\phi = 1,2 \quad .$$

$$b_n = 15 \quad ,$$

$$14 \quad ($$

$$3,5 \quad) (\quad . 19).$$

$$x = l[\sqrt{\gamma(1+\gamma)} - \gamma] = 15[\sqrt{0,592(1+0,592)} - 0,592] = 5,682 \quad .$$

$$\gamma = \frac{h'_{\text{on}}}{i \cdot l} = \frac{0,88 - 0,14}{\frac{1}{12} \cdot 15} = 0,592,$$

$$h'_{\text{on}} -$$

$$h_x = h_{\text{on}} + ix = 0,88 + \frac{1}{12} \cdot 5,682 = 1,354 \quad .$$

$$M_x = \frac{qx(l-x)}{2} = \frac{8,67 \cdot 5,682(15 - 5,682)}{2} = 229,52 \quad . \quad .$$

$$(\quad):$$

$$W_{\text{np.}\phi} = \frac{M_x}{R_{p.\phi}} = \frac{229,52 \cdot 10^3}{8,4} = 27324 \quad ^3.$$

$$R_{p.\phi} = 8,4$$

$$m_\phi = 0,6 \quad -$$

$$J_{\text{np.}\phi} = W_{\text{np.}\phi} \cdot \frac{h_x}{2} = 27324 \cdot \frac{135,4}{2} = 1849835 \quad ^4.$$

$$J_\partial = (J_{\text{np.}\phi} - J_\phi) \frac{E_\phi}{E_\partial} = 1849835 - \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 135,4^3}{12} \cdot \frac{90000}{100000} = 1218036 \quad ^4.$$

$$J_\partial = \frac{b_n [h_x^3 - (h_x - 2h_n)^3]}{12} = \frac{15 [135,4^3 - (135,4 - 2 \cdot 14)^3]}{12} = 1554346 \quad ^4,$$

$$, \quad 1218036 \quad ^4,$$

$$W_{np.\delta} = J_{\delta} + J_{\phi} \frac{E_{\phi}}{E_{\delta}} \cdot \frac{2}{h_x} = 1554346 + 496462 \cdot \frac{90000}{100000} \cdot \frac{2}{135,4} = 25325 \quad ^3.$$

$$\sigma_{\delta} = \frac{M_x}{W_{np.\delta}} = \frac{229,52 \cdot 10^3}{25325} = 9,063 < 10,0 \quad ,$$

$$\sigma_{\phi} = \sigma_{\delta} \frac{E_{\phi}}{E_{\delta}} = 9,063 \cdot \frac{90000}{100000} = 8,157 < 8,4 \quad ,$$

Перевірка стійкості стиснутого пояса балки з площини вигину

$$b_n = 1,25 \quad ,$$

$$l_0 = 125 \quad ,$$

$$\lambda_y = \frac{l_0}{0,29b_n} = \frac{125}{0,29 \cdot 15} = 29.$$

$$\varphi_y = 1 - 0,8 \frac{\lambda_y^2}{100} = 1 - 0,8 \frac{29^2}{100} = 0,932.$$

$$\varphi_y = 0,932$$

$$\sigma_c = \frac{\sigma_{\delta}}{\varphi_y} = \frac{9,063}{0,932} = 9,724 < R_{c.\delta} = 14,0 \quad ,$$

Перевірка фанерної стінки в опорній панелі

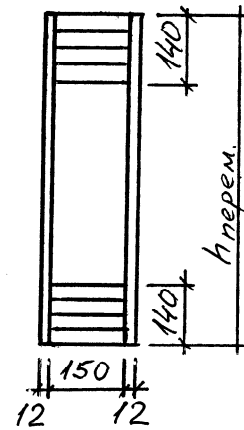
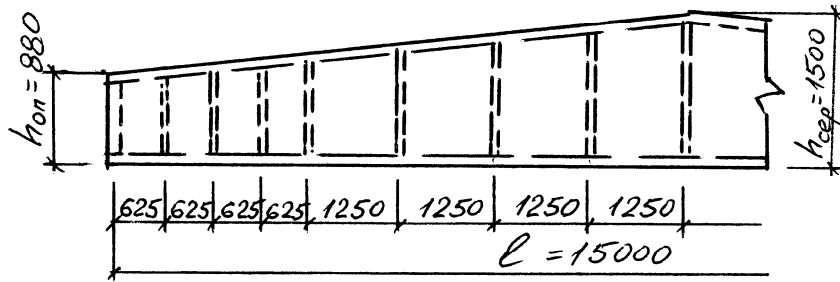
$$a = 62,5 \quad .$$

$$: h_{cm} = 88 + \frac{1}{12} \cdot \frac{62,5}{2} - 2 \cdot 14 = 62,6 \quad .$$

$$a \leq h_{cm}$$

$$\frac{h_{cm}}{\delta_{\phi}} = \frac{62,6}{1,2} = 52,5,$$

$$80,$$



. 19 -

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S_{np.\phi}}{J_{np.\phi} \cdot 2\delta_{\phi}} \leq R_{zp.\phi},$$

:

$$Q_{\max} = \frac{ql}{2} = \frac{8,67 \cdot 15}{2} = 65,025$$

$$S_{\phi} = \frac{2\delta_{\phi} \cdot h_{on}^2}{8} = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 88^2}{8} = 2323,2 \quad 3.$$

$$S_{\delta} = b_n \cdot h_n \frac{h_{on} - h_n}{2} = 15 \cdot 14 \cdot \frac{(88 - 14)}{2} = 7770 \quad 3.$$

$$S_{np.\phi} = S_{\phi} + S_{\delta} \frac{E_{\delta}}{E_{\phi}} = 2323,2 + 7770 \cdot \frac{10^5}{90000} = 10956,5 \quad 3.$$

$$J_{\phi} = \frac{2\delta_{\phi} \cdot h_{on}^3}{12} = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 88^3}{12} = 136294 \quad 4.$$

$$J_{\delta} = \frac{b_n [h_{on}^3 - (h_{on} - 2h_n)^3]}{12} = \frac{15 [88^3 - (88 - 28)^3]}{12} = 581840 \quad 4.$$

$$J_{np.\phi} = J_{\phi} + J_{\delta} \frac{E_{\delta}}{E_{\phi}} = 136294 + 581840 \cdot \frac{10^5}{90000} = 782783 \quad 4.$$

$$\tau_{\max} = \frac{65,025 \cdot 10 \cdot 10956,5}{782783 \cdot 2 \cdot 1,2} = 3,792 \leq R_{зр.ф} = 6,0 \quad ,$$

$$\sigma = 0,$$

$$\alpha = 45^0. \quad \sigma_{р.ф.45^0} = \tau_{\max} = 3,792 \quad , \quad R_{р.ф.45^0} = 4,5$$

$$\tau_1 = \frac{Q_{\max} \cdot S_{\delta} \frac{E_{\delta}}{E_{\phi}}}{J_{нр.ф} \cdot 2h_n} = \frac{65,025 \cdot 10 \cdot 7770 \cdot \frac{100000}{90000}}{782783 \cdot 2 \cdot 14} = 0,26 < R_{\phi.ск} = 0,8 \quad ,$$

Перевіряємо жорсткість прийнятого перерізу балки

$$\frac{f}{l} \leq \frac{f}{l} = \frac{1}{300} \quad (\quad \cdot 16 [8]),$$

$$f = \frac{f_0}{K} \left(1 + c \frac{h}{l} \right)^2 ;$$

$$f_0 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^H \cdot l^4}{E_{\phi} \cdot J_{нр.ф}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{6,01 \cdot 10^{-2} \cdot 1500^4}{900 \cdot 2840489} = 1,55 \quad .$$

$$J_{нр.ф} = J_{\phi} + J_{\delta} \frac{E_{\delta}}{E_{\phi}} = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 150^3}{12} + \frac{15 \cdot [150^3 - (150 - 2 \cdot 14)^3]}{12} \cdot \frac{10^5}{90000} =$$

$$= 2840489 \quad ,$$

$K -$

$$K = 0,4 + 0,6 \frac{h'_{он}}{h'_{сер}} = 0,4 + 0,6 \cdot \frac{88 - 14}{150 - 14} = 0,726.$$

$C -$

3

4 [8])

$$C = 45,3 - 6,9 \frac{h_{он}}{h_{сер}} \cdot \gamma = 45,3 - 6,9 \cdot \frac{88}{150} \cdot 1,167 = 48,141.$$

$$\gamma = \frac{F_{поясов}}{F_{стенки}} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 14}{2 \cdot 1,2 \cdot 150} = 1,167.$$

$$f = \frac{1,55}{0,726} \left(1 + 48,141 \frac{150,0}{1500,0} \right)^2 = 3,163 \quad . \quad \frac{f}{l} = \frac{3,163}{1500} = \frac{1}{474} < \frac{1}{300},$$

4.

8

– 6
Розрахункова частина

– 9

(15%):

:

;

;

;

(

);

;

;

-

(15%):

;

-

(15%):

3-4 (

)

;

-

(5%).

Графічну частину (50%)

-1,

(. 20):

, ;

, ;

;

;

.

,

.

,

,

.

. 5, 6

. 21,

(

)

-

,

.

:

,

-

.

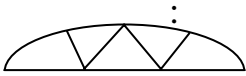
,

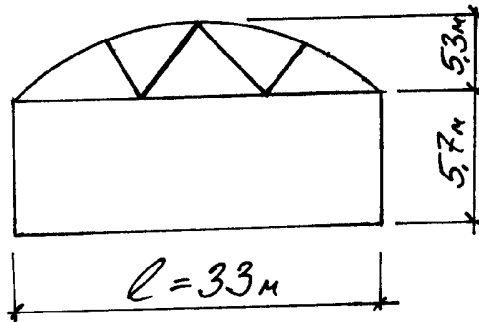
,

.

Приклад 5. Розрахунок курсової роботи

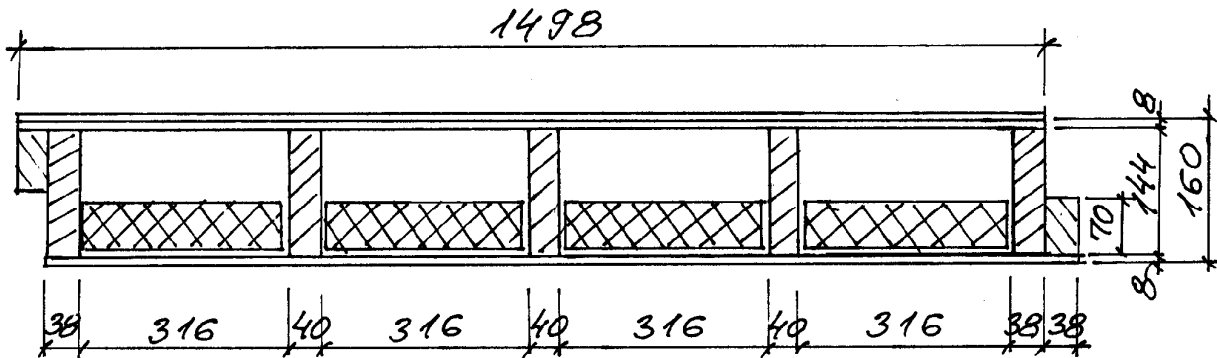
$$22: 1 \frac{33 - 5.3}{I - II} 53 \frac{5.3}{5.7}$$

-1;  - ;
 -33 ; -5,3 ;
 -I, $P_{CH}^H = 0,5 / ^2$.
 - :
 -53 ; -5,3 ;
 -5,7 .



.22 -

Розрахунок клеєфанерної панелі



.23 -

528 , 1,5 .
 40 150 . - 144 .
 -38 .
 $\delta = 50$, $\gamma = 0,40 / ^3$ -

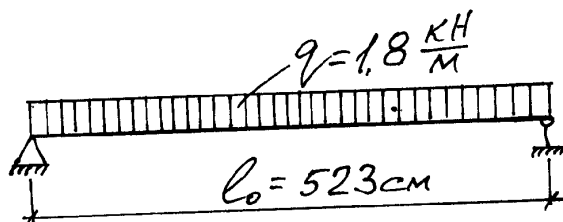
1%,

$$l_0 = l \cdot 0,99 = 528 \cdot 0,99 = 523$$

0,9 -

1 . . . :

<i>l</i>		$q^H, —$	γ_f	$q, —$
1.	0,12 1,5	0,18	1,2	0,216
2.	2 0,008 6,50 1,5	0,156	1,1	0,172
3.	5 0,04 0,144 5,00	0,144	1,1	0,159
4.	0,05 0,40 (1,5 - 5 0,04)	0,026	1,2	0,032
5.	0,01 (1,5 - 5 0,04)	0,013	1,2	0,016
6.	0,50 1,5	0,75	1,6	1,20
	:	1,27		1,80



. 24 -

$$J_{np.\phi} = J_{\phi} + J_{\delta} \frac{E_{\delta}}{E_{\phi}} = \frac{131(16^3 - 14,4^3)}{12} + \frac{(2 \cdot 3,8 + 3 \cdot 4) \cdot 14,4^3}{12} \cdot \frac{1000}{900} = 16037$$

$$W_{np.\phi} = \frac{J_{np.\phi}}{0,5h} = \frac{16037}{8} = 2005$$

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8} = \frac{1,80 \cdot 5,23^2}{8} = 6,155$$

1.

$$\sigma_p = \frac{M_{\max}}{W_{np.\phi}} = \frac{6,155 \cdot 10^3}{2005} = 3,07 < 0,6 \cdot 14,0 = 8,4$$

14,0 –

; 0,6 –

2.

$$a = 31,6$$

$$\frac{a}{\delta_\phi} = \frac{31,6}{0,8} = 39,5 < 50, \quad \varphi = 1 - \frac{\frac{a^2}{\delta_\phi}}{5000} = 1 - \frac{39,5^2}{5000} = 0,685.$$

$$\sigma_c = \frac{M_{\max}}{\varphi \cdot W_{np.\phi}} = \frac{6,155 \cdot 10^3}{0,685 \cdot 2005} = 4,48 < R_{\phi.c} = 12,0$$

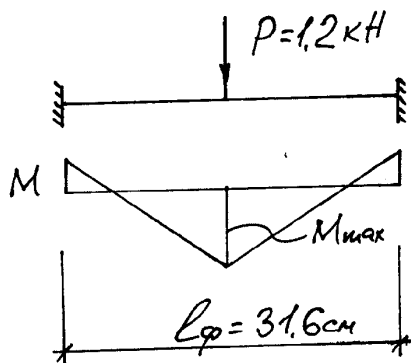
3.

$$P = 1,20$$

$$l_\phi = a = 31,6$$

$$M_{\max} = \frac{P \cdot l_\phi}{8} = \frac{1,20 \cdot 31,6}{8} = 4,74$$

1 .



$$W = \frac{100 \cdot \delta_\phi^2}{6} = \frac{100 \cdot 0,8^2}{6} = 10,7 \text{ cm}^3$$

. 25 –

$$\sigma_e = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{4,74 \cdot 10}{10,7} = 4,45 < R_{\phi.e} \cdot 1,2 = 6,5 \cdot 1,2 = 7,8$$

$R_{\phi.e}$ –

4.

$$\tau = \frac{Q \cdot S_{np.\phi}}{J_{np.\phi} \cdot b_{\text{розр}}} \leq R_{\phi.ck}$$

$$Q = \frac{ql}{2} = \frac{1,80 \cdot 5,23}{2} = 4,71$$

$$S_{np.\phi} = F_{np} (0,5h - 0,5\delta_{\phi}) = 131 \cdot 0,8(0,5 \cdot 16 - 0,5 \cdot 0,8) = 800$$

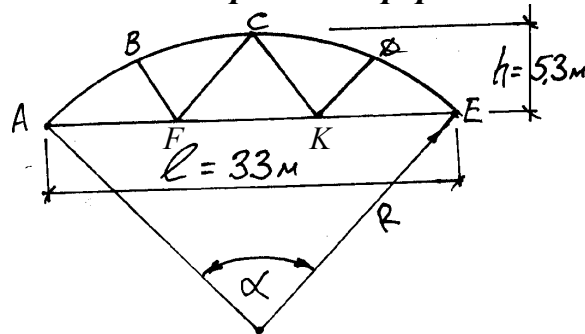
$$b_{розр} = 2 \cdot 3,8 + 3 \cdot 4,0 = 19,6$$

$$\tau = \frac{4,71 \cdot 800}{16037 \cdot 19,6} = 0,012 \text{ / } ^2 < R_{\phi.ck} = 0,08 \text{ / } ^2$$

5.

$$\frac{f}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^H \cdot l^3}{E_{\phi} \cdot J_{np.\phi}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,27 \cdot 10^{-2} \cdot 523^3}{900 \cdot 16037} = \frac{1}{610} < \frac{1}{250}$$

Розрахунок сегментної металодерев'яної ферми з клеєним верхнім поясом



. 26 -

$$R = \frac{l^2}{8h} + \frac{h}{2} = \frac{33^2}{8 \cdot 5,3} + \frac{5,3}{2} = 28,34$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{l}{2R} = \frac{33}{2 \cdot 28,34} = 0,5822. \quad \frac{\alpha}{2} = 35^{\circ}36'. \quad \alpha = 71^{\circ}12'.$$

$$S = \pi R \cdot \frac{\alpha}{180^{\circ}} = \frac{3,14 \cdot 28,34 \cdot 71^{\circ}12'}{180^{\circ}} = 35,22$$

$$S_n = \frac{S}{4} = \frac{35,22}{4} = 8,805$$

(. 27)

$$d = 2R \cdot \sin \frac{\alpha}{2 \cdot 4} = 2 \cdot 28,34 \cdot 0,1547 = 8,77 \text{ .}$$

$$AF = FK = KE = 11 \text{ .}$$

$$BF = KD = \sqrt{4,0^2 + 3,2^2} = 5,122 \text{ ,}$$

$$CF = CK = \sqrt{5,5^2 + 5,3^2} = 7,638 \text{ .}$$

Статичний розрахунок ферми

)

$$q^H = \frac{(1,27 - 0,75) \cdot S}{1,5 \cdot l} = \frac{0,52 \cdot 35,22}{1,5 \cdot 33} = 0,37 \text{ / } ^2,$$

1,27 / - ; 1,5 - ; 0,75 / - ,

$$q = \frac{(1,80 - 1,20) \cdot 35,22}{1,5 \cdot 33} = 0,427 \text{ / } ^2,$$

1,8 1,2 - ;

)

$$P_c^H = P_0 \cdot C = 0,50 \cdot 0,7783 = 0,3892 \text{ / } ^2,$$

$$C = \frac{l}{8h} = \frac{33}{8 \cdot 5,3} = 0,7783, \quad P_c = 0,3892 \cdot 1,6 = 0,623 \text{ / } ^2,$$

1,6 -

$$q_{\text{в.в}}^H = \frac{q^H + P_c^H}{\frac{1000}{k_{\text{с.в}} \cdot l} - 1} = \frac{0,37 + 0,3892}{\frac{1000}{3 \cdot 33} - 1} = 0,0834 \text{ / } ^2.$$

$$q_{\text{в.в}} = 0,0834 \cdot 1,1 = 0,092 \text{ / } ^2.$$

1 . :

)

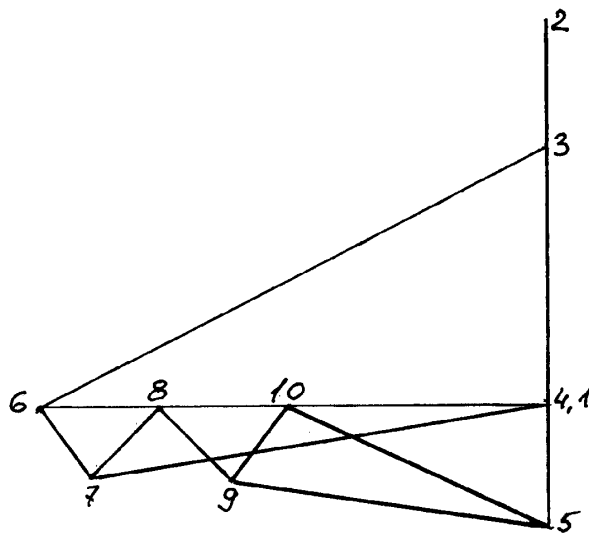
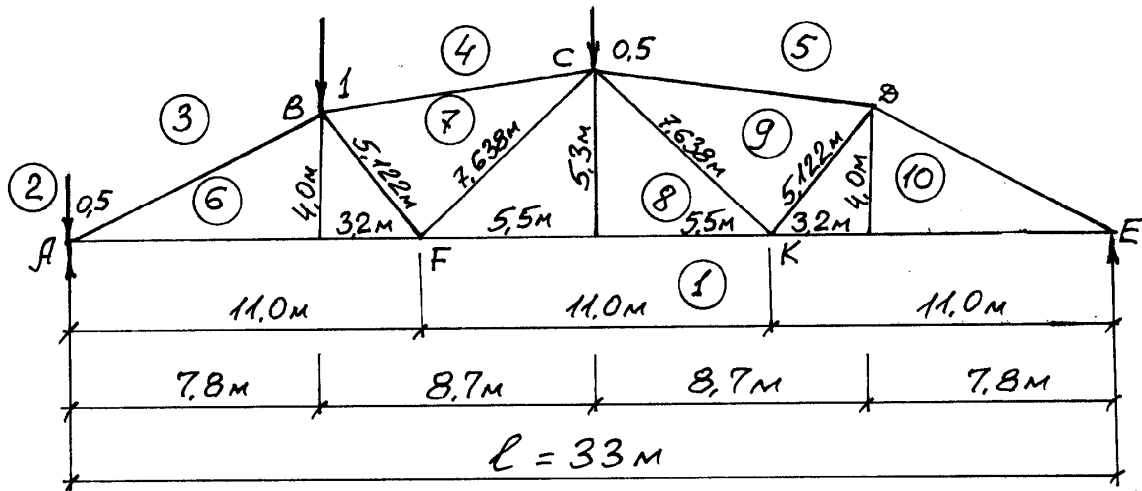
$$q = (0,427 + 0,092) \cdot 5,3 = 2,751 \text{ / } ;$$

)

$$P = 0,623 \cdot 5,3 = 3,302 \text{ / } ,$$

5,3 - .

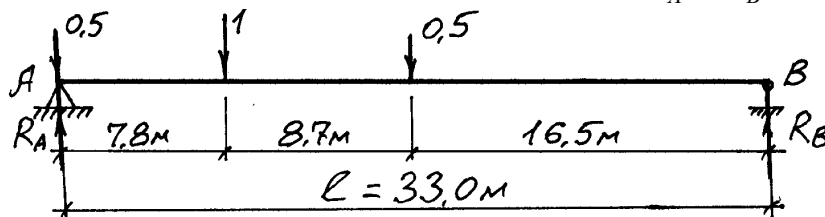
$$A_n = A_{II} = \frac{(2,751 + 3,302) \cdot 33}{2} = 99,88 \text{ .}$$



. 27 -

(. 27),

R_A R_B :



$$\sum M_B = 0. \quad R_A \cdot 33 - 0,5 \cdot 33 - 1 \cdot 25,2 - 0,5 \cdot 16,5 = 0.$$

$$R_A = \frac{16,5 + 25,5 + 8,25}{33} = 1,51.$$

$$\sum y = 0. \quad R_A + R_B = 2; \quad R_B = 2 - R_A = 2 - 1,51 = 0,49.$$

:

)

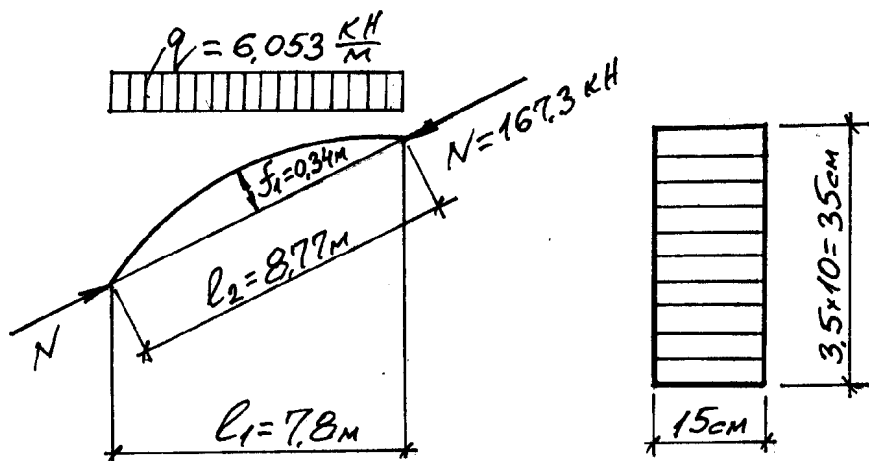
$$G_{\text{носм}} = 2,751 \cdot \frac{7,8 + 8,7}{2} = 22,70 \quad ;$$

)

$$G_{\text{тимч}} = 3,302 \cdot \frac{7,8 + 8,7}{2} = 27,24 \quad .$$

					(G = 22,70)	(G _{тимч} = 27,24)			
	3-6	-2,225	-1,125	-3,35	-76,04	-60,61	-30,65	-91,26	-167,30
	4-7	-1,825	-1,26	-3,085	-70,03	-49,72	-34,32	-84,04	-154,07
	5-9	-1,26	-1,825	-3,085	-70,03	-34,32	-49,72	-84,04	-154,07
	5-10	-1,125	-2,225	-3,35	-76,04	-30,65	-60,61	-91,26	-167,30
	1-6	+2,0	+1,04	+3,04	+69,01	+54,48	+28,33	+82,81	+151,82
	1-8	+1,54	+1,54	+3,08	+69,92	+41,95	+41,95	+83,90	+153,82
	1-10	+1,04	+2,0	+3,04	+69,01	+28,33	+54,48	+82,81	+151,82
	6-7	-0,36	+0,36	0	0	-9,81	+9,81	0	-9,81
	7-8	+0,43	-0,43	0	0	+11,71	-11,71	0	-11,71
	8-9	-0,43	+0,43	0	0	-11,71	+11,71	0	-11,71
	9-10	+0,36	-0,36	0	0	+9,81	-9,81	-	-9,81

Конструктивний розрахунок ферми



. 28 -

$$f_1 = \frac{l_2^2}{8R} = \frac{8,77^2}{8 \cdot 28,34} = 0,34 \quad ;$$

$$M_{\text{розр}} = \frac{ql_1^2}{8} - N \cdot f_1 = \frac{6,053 \cdot 7,8^2}{8} - 167,30 \cdot 0,34 = 46,0331 - 56,882 = -10,85 \quad \dots$$

$$\frac{h}{b} = \frac{35}{15} = 2,33 < 5;$$

$$F = 15 \cdot 35 = 525 \quad ^2;$$

$$W = \frac{15 \cdot 35^2}{6} = 3063,5 \quad ^2;$$

$$\lambda_x = \frac{l_2}{r} = \frac{877}{0,289 \cdot 35} = 86,7;$$

$$\varphi_x = \frac{3000}{\lambda_x^2} = \frac{3000}{86,7^2} = 0,399;$$

$$\xi = 1 - \frac{N}{\varphi \cdot F_{\varphi p} \cdot R_c} = 1 - \frac{16730}{0,399 \cdot 525 \cdot 150} = 0,467,$$

$$R_c = 1,5 \quad / \quad ^2 -$$

$$\sigma = \frac{N}{F_{HT}} + \frac{M}{\xi \cdot W_{HT}} = \frac{167,30}{525} + \frac{10,85 \cdot 10^2}{0,467 \cdot 3062,5} = 0,31866 + 0,75856 = 1,0773 \quad / \quad ^2 < R_g = 1,50 \quad / \quad ^2,$$

Розрахунок перерізу нижнього пояса

$$N_p = 153,82 \quad ;$$

$$F_{TP} = \frac{N_p}{R} = \frac{153,82}{21,00} = 7,32 \quad ^2.$$

$$2 \angle 90 \times 7 \quad F = 2 \cdot 12,3 = 24,6 \quad ^2.$$

$$J_x = 94,3 \quad ^4, \quad r_x = 2,77 \quad , \quad z_0 = 2,47 \quad .$$

$$\lambda_x = \frac{1100}{2,77} = 397,1 < \lambda_{\text{max}} = 400.$$

$$W_{\text{min}} = \frac{J_x}{h - z_0} = \frac{94,3}{9 - 2,47} = 14,44 \quad ^3.$$

$$M_H = \frac{q_{\text{в.в}} \cdot d^2}{8} = \frac{0,1968 \cdot 11^2}{8} = 2,977 \quad \dots$$

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{M}{W} = \frac{153,82}{24,6} + \frac{297,70}{14,44} = 20,96 \quad / \quad ^2 < R = 21,0 \quad / \quad ^2.$$

Підбір перерізу розкосів

$$7-8 \quad l_0 = 763,8 \quad , \quad N = -11,71 \quad , \quad \lambda_{\max} = 150.$$

$$h = \frac{l_0}{0,289 \cdot \lambda_{\max}} = \frac{763,8}{0,289 \cdot 150} = 17,7 \quad .$$

$$15 \quad 20 \quad F = 15 \times 20 = 300 \quad ^2.$$

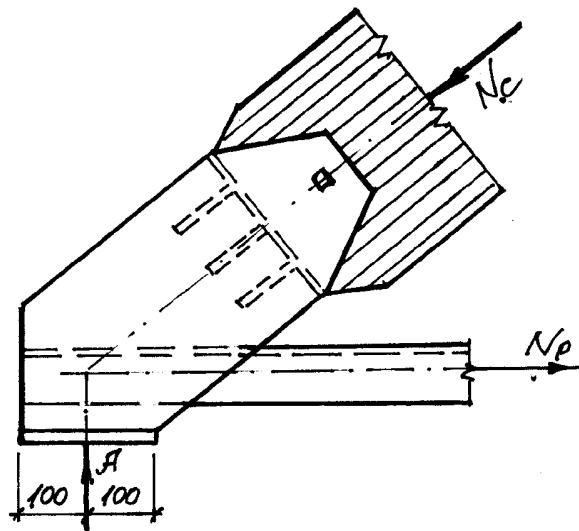
$$\lambda_x = \frac{l_0}{0,289 \cdot h} = \frac{763,8}{0,289 \cdot 20} = 133;$$

$$\varphi_x = \frac{3000}{\lambda_x^2} = \frac{3000}{133^2} = 0,169.$$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_x \cdot F_{\text{розр}}} = \frac{11,71}{0,169 \cdot 300} = 0,231 \quad / \quad ^2,$$

$$R_c = 1,50 \quad / \quad ^2.$$

Розрахунок опорного вузла



. 29 -

$$F_{\text{зім}} = \frac{N}{R_{\text{зім}}} = \frac{167,30}{1,50} = 112 \quad ^2.$$

$$l_n = \frac{F}{b} = \frac{112}{15} = 7,5 \quad ,$$

$$b = 15 \quad -$$

$$\sigma_{зім} = \frac{N}{F_{зім}} = \frac{167,30}{20 \cdot 15} = 0,558 \quad / \quad ^2;$$

$$M = \alpha_1 \sigma_{см} \cdot a^2 = 0,1 \cdot 0,558 \cdot \frac{15}{2}^2 = 3,14 \quad . \quad ,$$

$$\frac{b}{a} = \frac{15}{7,5} = 2. \quad \alpha_1 = 0,1.$$

$$W = \frac{M}{R} = \frac{3,14}{21,00} = 0,15 \quad ^3.$$

$$\delta_{нл} = \sqrt{6W} = \sqrt{6 \cdot 0,15} = 0,948 \quad .$$

$$\delta_{нл} = 1,0 \quad .$$

$$M = \frac{0,558 \cdot 20(15 + 1)^2}{8} = 357,12 \quad . \quad .$$

$$y = \frac{20 \cdot 1,0 \cdot 0,5 + 8,0 \cdot 1,0 \cdot 5}{20 \cdot 1 + 8 \cdot 1} = 1,786 \quad .$$

$$J_x = \frac{20 \cdot 1^3}{12} + \frac{1 \cdot 8^3}{12} + 20(1,786 - 0,5)^2 + 24(5 - 1,786)^2 = 285 \quad ^4.$$

$$\sigma = \frac{M(h - y)}{J_x} = \frac{357,12(9 - 1,786)}{285} = 9,04 \quad / \quad ^2 < R_g = 21,00 \quad / \quad ^2,$$

Визначаємо розміри опорної плити

$$20 \quad 30 \quad .$$

$$\sigma = \frac{A}{F_{нл}} = \frac{99,88}{20 \cdot 30} = 0,1665 \quad / \quad ^2,$$

$$A -$$

$$M_1 = \frac{0,1665 \cdot 6,5^2}{2} = 0,88 \quad . \quad .$$

$$M_2 = \frac{0,1665 \cdot (15 + 1)^2}{8} = 5,33 \quad . \quad .$$

$$W = \frac{M_{\max}}{R} = \frac{5,33}{21,00} = 0,254 \quad ^3.$$

$$\delta_{nl} = \sqrt{6W} = \sqrt{6 \cdot 0,254} = 1,24 \quad .$$

$$\delta_{nl} = 2,0 \quad .$$

$$l_{uu} = \frac{N}{R_y^{36} \cdot 2h_{uu} \cdot m_{36}} = \frac{151,82}{15,00 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 0,7} = 14,46 \quad .$$

$$l_{uu}^{ob} = 16 \cdot 0,7 + 1 = 13 \quad , \quad l_{uu}^n = 10 \quad .$$

$$h_{uu} = 8 \quad .$$

Проміжні вузли верхнього пояса

$$20 \quad 15 \quad .$$

$$M = \frac{\sigma_{зім} \cdot l^2}{8} = \frac{0,558 \cdot 4,8^2}{8} = 1,61 \quad . \quad ;$$

$$W = \frac{1,61}{21,00} = 0,076 \quad ^3;$$

$$\delta_{nl} = \sqrt{6W} = \sqrt{6 \cdot 0,076} = 0,68 \quad .$$

$$\delta = 10 \quad .$$

$$d = 2 \quad .$$

$$-80 \quad 8 \quad .$$

$$d = 16 \quad .$$

$$\sigma = \frac{N}{F_{HT}} = \frac{11,71}{9,6} = 1,22 \quad / \quad ^2 < R = 21,00 \quad / \quad ^2.$$

$$F_{HT} = 2 \cdot 0,8 \cdot (8 - 2) = 9,6 \quad ^2;$$

)

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot F_{\hat{\sigma}p}} = \frac{11,71}{0,133 \cdot 12,8} = 6,88 \quad / \quad ^2 < R = 21,00 \quad / \quad ^2;$$

$$\lambda = \frac{l_0}{r} = \frac{35}{0,289 \cdot 0,8} = 150;$$

$$\varphi = \frac{3000}{150^2} = 0,133.$$

$$F_{\hat{\sigma}p} = 2 \cdot 0,8 \cdot 8 = 12,8 \quad ^2.$$

:

$$T_g = 2,50 \cdot d^2 = 2,50 \cdot 1,6^2 = 6,40 \quad ;$$

$$T_{3im} = 0,50cd = 0,50 \cdot 15 \cdot 1,6 = 12,00 \quad .$$

:

$$n = \frac{N_{\max}}{n_{3p} \cdot T_{\min}} = \frac{11,71}{2 \cdot 6,40} = 0,92 \quad .$$

.

(24454-80)

-									
16	75	100	125	150	-	-	-	-	-
19	75	100	125	150	175	-	-	-	-
22	75	100	125	150	175	200	225	-	-
25	75	100	125	150	175	200	225	250	-
32	75	100	125	150	175	200	225	250	275
40	75	100	125	150	175	200	225	250	275
44	75	100	125	150	175	200	225	250	275
50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
60	75	100	125	150	175	200	225	250	275
75	75	100	125	150	175	200	225	250	275
100	-	100	125	150	175	200	225	250	275
125	-	-	125	150	175	200	225	250	-
150	-	-	-	150	175	200	225	250	-
175	-	-	-	-	175	200	225	250	-
200	-	-	-	-	-	200	225	250	-
250	-	-	-	-	-	-	-	250	-

: 1.

0,25 1 6,5 .

2.

20%.

3.

100 .

4.

()							
-	-	,	-	-	1	' ,	-
					3	' ,	3

()							
		-	,	,	,	1	,

	-	-	(/ ²)	/ ²
	0	1:4	(12)	0,12
	1:5	1:2	(5)	0,05
	1:4	1:1	(14)	0,14
	1:2	2:1	(20)	0,20
	1:4	1:1	(4)	0,04
	1:5	1:2	(3)	0,03

%

q^H/p^H	1	0,8	0,6	0,4
γ_f	1,4	1,5	1,55	1,6

: $q^H -$

(

);

 $p^H -$

$d_{\delta p}$	d_{nm} ()	$F_{\delta p}$	F_{nm}	1	-	-	-	-	-
6	4,701	0,283	0,173	0,22	0,004	30 30 3	0,1	-	-
8	6,377	0,505	0,316	0,39	0,008	40x40x4	0,048	-	-
10	8,051	0,785	0,509	0,62	0,014	50x50x5	0,095	-	-
12	9,721	1,13	0,744	0,89	0,02	60x60x6	0,164	45x45x4	0,06
14	11,4	1,54	1,02	1,21	0,028	70x70x7	0,26	50x50x4	0,074
16	13,4	2,01	1,408	1,58	0,052	80x80x8	0,386	55x55x4	0,088
18	14,75	2,543	1,708	2	0,088	90x90x9	0,55	60x60x5	0,131
20	16,75	3,14	2,182	2,47	0,093	100x100x10	0,76	70x70x5	0,18
22	18,75	3,799	2,74	2,98	0,135	110x110x11	1,012	80x80x6	0,283
24	20,1	4,521	3,165	3,55	0,141	120x120x12	1,314	90x90x7	0,42
27	23,1	5,722	4,18	4,49	0,182	140x140x14	2,091	100x100x8	0,591
30	25,45	7,065	5,06	5,55	0,291	160x160x15	2,93	-	-
36	30,8	10,17	7,44	7,99	0,496	190x190x18	4,957	-	-
42	36,15	13,84	10,25	10,88	0,814	220x220x20	7,381	-	-
48	41,5	18,09	13,52	14,21	1,244	260x260x24	12,39	-	-

		1000
1,8	32	0,675
	40	0,817
	50	0,997
	60	1,2
2	40	0,986
	50	1,23
2,5	50	1,93
	60	1,31
3	70	3,88
	80	4,44
3,5	90	6,8
4	100	9,8
	120	11,77
5	120	18,3
	150	22,4
6	150	33,2
	200	44,2
8	250	98,2

	125	150	175	200	225	250
	117	142	167	182	215	240
	16	19	25	32	40	50
	12	15	21	27	35	45

1. - .:
2. , 1986. - 543 . . - .:
3. , 1983. - 279 . . - .:
4. , 1967. .
5. , 1981. - 391 . .
6. , 1979. - 280 . . -
7. , 1974. . -
8. 1.2-2:2006. -
9. 25-80. -
10. , 1982. - 65 . . - .:
11. 23-81*. - .:
12. , 1981. - 96 . .
13. .19-76.
14. . - .: , 1976. .
- 80) 15. , 1986. (. . . . 25-
16. , 1977. .
17. , 2008. .
18. , " (. . . . , . - .: , 2009.

	.....	3
1.	.....	4
1.1.	.....	4
1.2.	.....	4
1.3.	.....	5
1.4.	.....	5
2.		8
2.1.	.....	8
2.2.	.....	8
2.2.1.	.....	8
	1.	-
	.....	10
2.2.2.	.....	12
	2.	..
	.....	15
2.2.3.	.....	18
	3.	
	.....	23
3.	- ().....	28
	4.	.....
	.....	32
4.	.....	42
	5.	.....
	.....	47
	.....	59
	.....	63

Навчальне видання

« , »

(для студентів 4 курсу денної форми навчання, 4-5 курсів заочної форми навчання напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» та для слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.06010101 «Промислове і цивільне будівництво»)

:

: В. С. Шмуклер

За авторською редакцією

В. М. Попельнух

2013, . 2

. 17.10.2012 60 84/16
. . 2,8
. 50 .

:

. . , 12, , 61002
: rectorat@ksame.kharkov.ua

4064 12.05.2011 .