
35.13330.2010

2.05.03-84

35.13330.2011

27 2002 . 184- « » 19 », 2008 . 858 « —
».

1 — « »

2 465 « »

3 ,

4) 28 2010 . 822 20 2011 . (

5 () . 35.13330.2010

() « » , —
« » ,
« » ,
— ()

	.....VI		
1	.....1		
2	.....1		94
3	.....1		
4	.....2		96
5	.....2		97
	.....2	()	98
	.....3		99
	.....4		
	.....7		102
	.....10		102
	.....12		105
	.....14		107
	.....17		111
	.....18		113
	.....22		113
	.....24		114
	.....25		115
	.....28		116
6	.....29		117
	.....29		118
	.....31		119
	.....33	()	120
	.....47		122
7	.....55		124
	.....55		125
	.....61		125
	.....61		127
	.....70		128
	.....73		130
	.....80		130
	.....80		130
	.....84		131
	.....86		132
	.....87		141
	.....88		141
	.....92		141
	.....92		143
	.....93		143
			143
			143
			145
			149
			149
			154

8

						.....224
	,					.....225
	.....156					.....227
	.....160	11				.....229
	.....161					.....229
	.....164					.....230
	.....164			( )	-	.....233
	.....166			( )	-	.....235
	.....168			( )	-	.....239
	.....169			( )	-	.....242
	.....177			( )	-	.....242
	.....178			()	-	
	.....179					-
	.....179					-
	.....180					-
	.....183			,	,	-
	.....185			,	,	-
	.....185					.....253
	.....188			()		
	-			η		.....261
	.....190			()		
	.....190			( )	-	.....266
	.....191			()	-	
	.....193			()	-	
9	.....193			(-		
	.....193			)		.....268
	.....194			()		
	.....194			()		
	.....198				-	
	.....198				-	
	.....203				-	
	.....204				-	
	.....205			()	-	
	,				-	.....274
	.....207			()		
	.....208			(-		
10	.....210)		
	.....210			( )		.....275
	.....210			()	-	
	.....211				-	.....278
	.....215			()		
	.....215				-	.....280
	.....216			()	-	
	.....218				-	.....283
	.....221			()		
	.....223				-	
	.....223				-	.....286

() - -287	() - -323
() -289	()325
() - -290	1 ()327
() -294	2 ()328
() -303	3 ()331
()310	4 () -334
() - -317	5 ()336
() -321	.....338

2009 . 384- «
»,

22 2008 . 123- «
»

.
: « » (- .
; ;
; - ;
);
: (-), « » (.),
« » (-), « » (.),
« » (-), « » (.).

Bridges and culverts

2011—05—20

1

;

200 / , 1 520 ;

;

;

2

« () », 1
() ,

3

,

4

5

5.1

:

(— 5.3)

5.2

5.3

5.4

()

;
 (, .).
 V 52398. IV

5.5 , ,
 - , ,
 , , - ().

: (10°)
 , 1,5 ()
 ;

, ;
 , ;
 10°;

, 20 %
 2 / 10% — 2 / 2,4 2,4 / ()
) (

5.6 , .

5.7 — , ,
 () ,
 ().

4 ‰.

4 ‰, —
 , ‰:
 30 — ;
 60 — ;
 20 — ;
 150 — .
 40 ‰
 — — 25 100 : — — 25 100 ;
 , , 100 , — 60 100 .
 5.8 ()
),
 5.1.

5.1

	*, ,		
:	1,0	1,2	0,7
,	0,4	1,0	0,7
,	0,5	0,5**	0,5
,	0,2***	—	—
* () —			
** 0,8			
*** 0,5			
—		1,0	
0,5 .			
6.22			

5.9

26607.

5.10

5.11

5.12

5.13

1,0 —

1,25 —

1,0 —

0,75 —

0,5 —

)

6.27.

15 %

1 / ,

II

30 ;

15 ;

(10 ‰

0,5) 15 , II- (10 %
 10 0,5 .

1,5 40 ° (0,92 23-01)

5.14

5.25.

5.15

5.16

5.17

5.18 ()

, : 1,0 —

5.19

5.20

:

- 9238;
- 23961;

— 52748.

5.21

(

, : 2,25 — 3,0 —
— 3,0 4,0).

2,30

— 2000 / , 1 — 1500 / .

))

: 4,5, — 6,0,

)

: 4,0 3,0, — 2 + /6, —

32-01.

10,0

5.22

26775.

(

5.23

5.2.

5.2

	()			
) :	0,50	0,50	0,25	—
) 1	0,75	0,50	0,25	0,75
) , 1	1,00	0,75	0,75	1,00
)	1,50	1,00	1,00	—
)	—	1,00	1,00	—
	0,25	0,25	—	0,50
	0,25	—	—	0,25
	0,25	0,25	—	0,75
1				
2				
3	5.3.			

5.3

-		, %				-
		-				
	I II ()	1	0,33		I - III, I- , I- , II-	1****
	III IV ()	2	1*		IV, II- , III- , III- , IV- , IV- , V, I- , II-	2****
»	IV V (-)	2**	—		I	1****
»	- - -	2	—		II, III, III- , III-c	2****
				»	IV, IV- , V	3****

* III
0,33 %.

** 1 %.

*** 0,33 , 1 % 1 - 2 %.

**** 2 %, 5 3 %, II- III- — 10 %.

1 2 1 %, 3

2 — 42.13330 34.13330, 2.05.11.

0,75

0,25

5.2,

0,50 .

15,0 ,

5.24

0,75 , 3,0 — 1/4 3,0 — , 1/6 3,0 — ,
 3,0 — 0,50 .

5.25

5.3

5.26

5.27

33-101 [17].

(, 5.23, 5.24 5.34.),

2 , : 3 , ;
 , , 5.14 5.24,
 , 5.23. —

5.28 ,
 (), , .

5.29 ,
 5.25. , (),
 2 , (. .),
 ()

15 %.

5.30 ,

5.31 - ,
 , , ,
 , , 2.

5.32 .

5.33

) 4 — 6 (

5.34

5.25 (, : 0,5 —

, 0,25 —

5.25 () —

1,0 . 0,5 ,

34.13330.

5.35

($\gamma_f = 1$).

[14].

5.36

6.

27751.

5.37 (27751)
1,1. ()

5.38 (),
(),
(),

5.39

23-01 :
0,92 — ;
0,98 — ,

5.40

$$M_u \leq \frac{m}{\gamma_n} z, \tag{5.1}$$

u — () , ;
 z — ;
 m — , :

— 0,95;
— 1,0;
:
— 0,9;
— 0,8;
 γ_n — ,
:
— 1,0;
— 1,1.

,
:
— $\gamma_f < 1$;

5.41 , — $\gamma_f = 1$. 11.6, () .

$$Q_r \leq \frac{m}{\gamma_n} Q_z, \quad (5.2)$$

Q_r — , ;
 Q_z — , ;
 m — , 0,9;
 γ_n — . 5.40.

1 , , —
 2 , 11.14.
 0,55.

5.42 , ,

5.43 ($\gamma_f = 1$, $1 + \mu = 1$),

, : $\frac{1}{800-1,25l}l$, $\frac{1}{600}l$;
 , () ,
 — $\frac{1}{400}l$, l — , .

5.44 () 50 %.

; ; , 40 %

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

1/1600 (γ_f 1,5),

5.45

() ()

— 24 ‰

5.4;

()

1

2 , 5.4, 2 .

5.4

	(2.05.11), / 34.13330,	, ‰
	150 — 100	8
	80	9
	70	11
	60	13
	40	17
1	50 ,	
2	1,2 .	

5.46

5.47

, ‰:

— 2;
— 1.

5.48

$0,5\sqrt{l_0}$, , l_0 —
25 .

1,5 .

() 0,01 $l(l$ — ,)

0,013 l .

(—)

0,9 1,2 —

(0,45 0,60 —

0,50 .

3,0 ,
2,0 .

6.24,

100

5.49

12

12

(), :
 $1/80h$ — ;

1/50h —

;

1/40h —

; h —

()

5.50

(50

200

65.

66

5.51

5.52

5.53

[1].

5.54

3,20

5.55

8486,

2,6

20x24

5.56

25

3,25

3

35.13330.2011

(1,10),
40 ° (0,92)
10 .
5.57 ()
5.58
3,0
500
5.59
52748, 34.13330, 42.13330, 2.05.11. 52398,
5.60

5.61

0,75

5.62

0,25

1,0

1,5; 2,25

— 1,5

— 0,75

(200 /)

0,75 (

52289,

52606,

52607.

0,4

1,1 .

5.63

150 .

(2,25)

5.64

52766.

-

() ,

-

$R_{bt,ser}$.

(-))

5.65

30

25,

F200—F300

W8.

40

0,42,

30,

F200—F300

W8.

23279,

5.66

:

90

110

110

(,)

80

90

III I) 9128 I (II

31015.

120
0,42,

W8

30,

F300

IV — V, I- — III-

(1:1)

50 ,

120

5.67

30—40

5.68

II 9128

(23-01)

0,98.

5.69

，
。
。
，
W8 ， F300
。
(， 50 %)，
。

5.70

10 0,5
—
0,5
15—25 。

5.71

， —
。
。
4 8 。（
），
2 。

50

30, W6 ,

5.72
) :
 () 0,75
 6 , 1,00 6 ;
) ()
 0,50 —) 0,40 —)
) () 0,50 ;
 6 , — 12 — 1:1,25, 1:1,75
 6 — 1:1,50,) () ;
) 1:1,5.

14.13330.
 5.73 0,50 ,
 5.74 —) — 2,0 2,0 ()
) 2 / . 0,98. ()
 2 /

(
)

5.75

，
，
，
— 0,50 ；
— 0,25 。

5.76

()，
20 ‰， — 30 ‰。
5 ‰。 10 ‰

5.77

20 ‰。
(50 —)
50 — ；
5 — 10 ‰ —
6—12 ；
6—12 。

, 1 .
(10),

6—9 .
20 %

100 — 200

5.78 .) (, ,
40 150 .

5 2 1 2 .
5 % 12 — 5 10 %.

5.79

5.80

(, 1,10),

5.81
2

4

0,75

5.82

(

,

.)

5.83

50

50

100

120 /

0,98

40 °

25

5.84

30247.0

30247.1.

30244,

:

;

;

;

;

;

5.85

)

(

5.86

10

5.87

5.88

1,5

50

20

5.89

100°

(1000)

0,6

—

5.90

, () ,
 —)
 .), (, , ,
 .
 ,
 5.91 . ,
) (,
 , 50 .
 , ,
 () .
 , -
 5.92 .
 25 ² , 200 , — 16 —
 ,
 5.93 , - ,
 , -
 5.94 , . 11-110 [15].
 :
 ;

;

5.95 -

-

5.96 -

22.1.12. ()

:

;

(');

,

;

,

(' ,

..).

6

6.1

6.1.

6.1

(-)		(),
		()
1		—
2	()	—
3		—
4		—
5		—
6		—

6.1

() -)		(), ()
7 8 9 10 11		16, 17 16, 17 10, 16, 17 9, 11, 12, 16—18 10, 13, 14, 16, 17
12 13 14 15 16 17 18 19		10, 14, 18 11, 14, 16, 18 11—13, 15—18 14, 18 7—11, 13, 14, 18 7—11, 14, 18 10, 12—17 11, 14, 18
1 2 1—9, 15 17. 3	7—9, II	10, 12 13. 20.13330.

6.2

η,

η, ,
:
) 1—6, 17
— 1,0;
) 7—9 (7—8, 10) — 1,0;
) 7—9 7—8, 10) (— 0,8,
— 0,7.
1 12 7
) , η :
— 0,5; — 1,0;
) — 0,35.
2 7 12 η = 0,5. : 7—9 —
3 , 11— 7 7.
18 7
18—0,8, :
η
30

4 () — 0,7;
— 0,3.
η

6.3.

6.10, 6.23 6.32

1 + μ 1 + 2/3μ,

6.22

γ_f ()
6.2.

6.2

			*
I	) « » — « » ) ) ) ,	γ _f γ _f = 1 γ _f γ _f **	γ _f ; 1 + μ γ _f = 1; 1 + 2/3μ γ _f *** γ _f
II	),	γ _f = 1	γ _f = 1
* 1 + μ = 1. (6.30)			
** γ _f = 1.			
*** γ _f = 1.			

6.4

, ,
.
10 %.
:
— 6,9 / ;
, — 12,7 / ;
, — 22,6 / . — 16,7 / ;

6.3.

6.3

	, %	, %
	1,0 2,0	4,0 —

6.5 ()

6.6

γ = γ_n h; (6.1)

γ = γ γ_n h; (6.2)

n = γ_n h τ_n, (6.3)

τ_n = tg² (45 - φ_n/2), (6.4)

φ_n — γ_n φ_n, γ_n = 17,7 / ³, φ_n : (— 35°; — 30°; — 25°.

6.7 (11.)

6.8

6.9 ε_n 7 9. c_n

6.10 , 6.4—6.9, γ_f 6.4.

γ_f , 5.40 5.41.

6.4

	γ_f
, ,	1,1 (0,9)
, ,	1,3 (0,9)
, ,	1,2 (0,9)
, ,	1,3 (0,9)
, ,	1,5 (0,9)
, ,	1,2 (0,9)
() :	1,4 (0,7)
()	1,3 (0,8)
()	1,2 (0,8)
()	1,1 (0,9)
()	1,5 (0,5)
1 γ_f ,	
2 γ_f ;	

6.11 () ()
 / ,)
 9,81 (/). 24,5 ()^v
 :

— 14;
 — 11.

v
; $\alpha = / \text{ —}$
; —
 $\alpha = / = 0,5,$ 19,62 ($/$).
13,7 / .
 $\varepsilon \leq 1,$
 ε ;
; —
 ε 6.5.

6.5		$\lambda,$	ε
5	10	25	1,00
			0,85
			1,00
1		ε	,
2		λ	ε

6.12

(
) ,
(
) : (6.1,),
10 (
v () — (/), — ,

14

11.

11;

(6.1,)

14—
11—

14
11

18 ();
196 ;

) , 588 . (6.1,) ,
 , 294 ;
) (6.1,) —
 294 — 147 ;
 : — 8,5 . ;
 , (,) . —
 :
 , , ,
 () , () ;
 , ;
 3,0 ;
 1,5 ,
 .
 : () , ()
 — ;
 — ()
 (—) .)
 1,5 — —
 .
 ()
 , , ,

(2)

).

(

1,75

12 (

0,75.

),

1

3

2

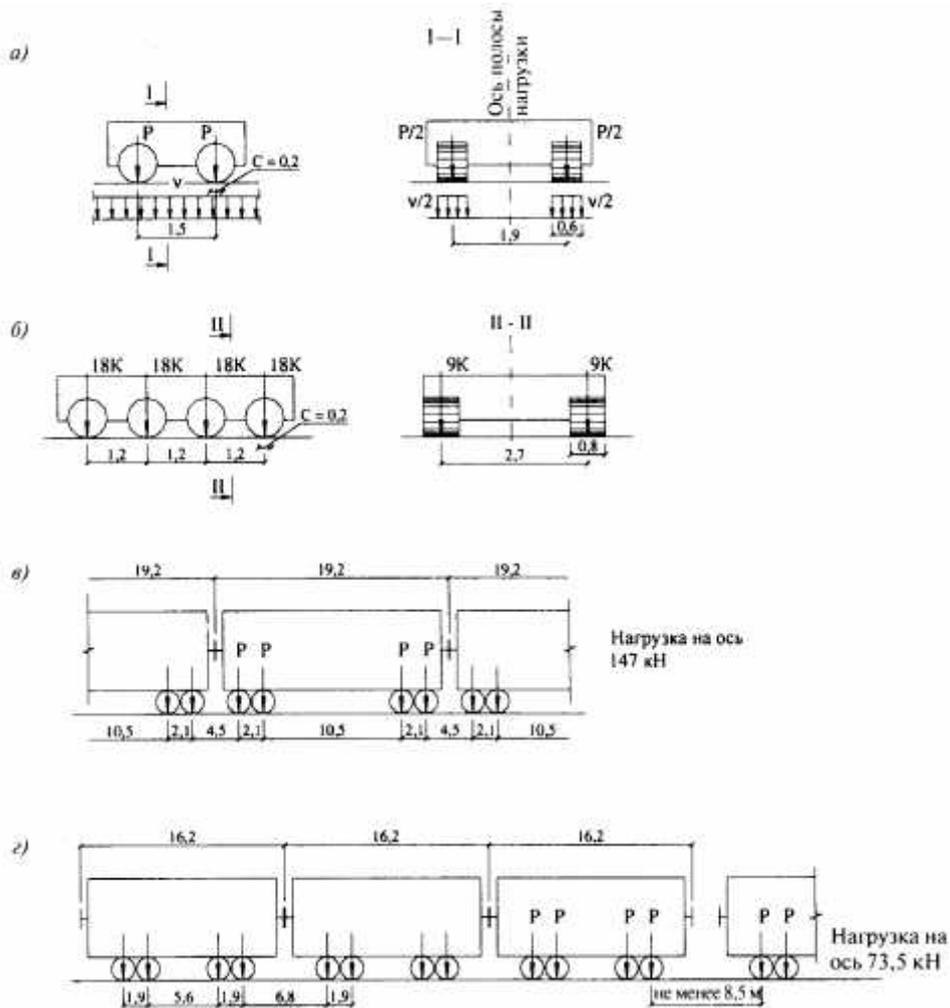
0,8.

3

(6.12,)

4

45°.



6.1 —

6.13

6.6. ;
 ;
)
)
 ()
 « »
 ;
 20 — -51 -74;
 26 — -151.
 ;
 ;
 6.7.
 6.6

	6.6		
	-51	-74	-151
, :	333	490	990
	167	235	490
() ,	3,5	4,2	4,5
(),	3,5	3,8	5,4
, , :	2,4	2,5	3,75
	2,8	2,8	4,1
, :	0,4	0,45	0,80
	1,1	1,30	1,65
,	1,5	1,8	2,5

« »
 8 — -51 -74 10 — -151.

6.7.
 6.7

	6.7		
	-51	-74	-151
:	1,0	1,2	1,6
:	1,9	2,0	2,5
	0,5	0,7	1,0

()
 — 2,5 , 196 ,
 14 14.

6.14

$s_1 = 1,0.$

()
 $s_2,$:
) ε ():
 1,0 — 15 ;
 0,7 — 25 ;
) () — 0,6;
) — 0,7;
) — 1,0.

6.15

()
 ,)
 $s_2,$)
 :

$$s_2 = 1 - 0,010 \lambda, \quad 0,80; \quad (6.5)$$

$$s_2 = 1 - 0,002 \lambda, \quad 0,80, \quad (6.6)$$

λ —

6.16

() ()
 ,)

$\arctg 1/2$

6.17

()
 ,)
 :

) :

$$p_v = \frac{v}{2,7+h}; \tag{6.7}$$

(,),

$$p_v = \frac{\Psi}{a_0 + h}; \tag{6.8}$$

)

$$p_h = p \epsilon \tau_n, \tag{6.9}$$

v —

, .1 $\alpha = 0,5,$
 $\lambda = d + h$
 19,6 , / ;
 d — () () , ;
 h —

() , ;
 τ_n — , (6.4);

Ψ — , / , 6.8;
 0 — , , 6.8.

6.8

	11	14	-51	-74	-151			
	*							
	1	1	1,3	1,3	1,9	1,9	3	3
Ψ o	186 3	233 3	186 3	42 -0,3	186 3	66 -0,15	186 3	93 0
*	1				11 14,			
arc tg 1/2.								

6.18

, ,
 F_h . v_h F_h : v_h
) :

$$14 — v_h = \frac{180}{r} v, \quad 0,15 v; \tag{6.10}$$

$$11 — v_h = \frac{60}{r} v, \quad 0,15 v, \tag{6.11}$$

r — , ;

v — , / , 6.11;
)

$$v_h = 0,008 \frac{v_t^2}{r} v, \quad (6.12)$$

v_t — , / ;
) —

$$v_h = u \frac{v_t^2}{r}, \quad (6.13)$$

— , :
) 250 —

$$\begin{aligned} &— 0,241 (\cdot 2/ 2); \\ &— 0,143 (\cdot 2/ 2); \end{aligned}$$

$$v_h = \frac{P}{\lambda}; \quad (6.14)$$

250 600 —

$$v_h = \frac{M}{r\lambda}, \quad (6.15)$$

— , 4,5 ;
 — , 1100 . .

$$\frac{13}{r} (/) \quad 0,5 (/);$$

) 400 () —

$$F_h = \frac{20G}{r}, \quad (6.16)$$

G — () ,
 6.6.
 () $v_h = \frac{F_h}{v_h}$
 (s_1),
 $s_1 = 0,6$.

) $v_h = \frac{F_h}{v_h}$ (, :
 2,2 — ;
 2,0 — ;
 1,5 — ;
 2,2; 2,5 3,1 — -51, -74 -151.

6.19

) — ;

, : — 0,59 (/);

— 1,96 (/);

— 1,47 (/),

— ;

) — 0,39 (/),

5,9 (), , —

);

) — ,

0,2G, G — (),

6.6.

,

) : ;

11,8 (), 1 —

— $\frac{2}{3}$ (5,9 (),);

0,5 ;

2,5 3,0) — (,

: ;

— 4,41 ();

— 2,45 (),

— .

,

.

26804 (11 11),

.

:

,

,

14 ;

) (« ») — 0,2G,

(() ,

, :

35.13330.2011

-51 20 × 45;
 -74 25 × 50;
 -151 30 × 60.

— 40 / , 0,3 (/), 80 /
 (6.19,).

6.20
) : — %
 : — 10;
 () —
 50, 7,8 () 24,5 ()
_{s2} 6.14,);

-51 -74 () — 45 (λ ≤ 20)
 60 (λ ≥ 60);
 -151 () — 30 (λ ≤ 25) 40 (λ ≥ 60);

λ ;
) : —
 I-III, I- , I- , II- , II- , III- , III- , IV- , IV-
 6,86 ();
 IV V , — 4,9 ();
 — 50 %

« »

6.18.

1,9
 6.6.
 : — —
 ; — —
 6.14. _{s1}
 , ,
 : — ;

100 %

)

v

9,81 (/).

, 100 , %:
 40 25;
 10;

6.21
 () :

1)) :
) — 4,0 ;) — 4,0 ,
) — 2,0 ;)

2) :
) —) — 10,0 ,
) — 4,0 ;) —
 1,0 / ;)
 3)) :
) —) — 10,0
 3,4 ;)
) — 1,27 .
 ()

2,0

6.22

$$1 + \mu$$

1)

$$\varepsilon$$

)

)

(

)

$$1 + \mu = 1 + \frac{18}{30 + \lambda},$$

(6.17)

1,15;

(

)

$$1 + \mu = 1 + \frac{14}{30 + \lambda},$$

(6.18)

1,15

1,10

)

),

$$1 + \mu = 1 + \frac{10}{20 + \lambda},$$

(6.19)

1,15;

(6.21),

1,10;

)

(

):

0,40

—

(6.19);

1,00

$$— 1 + \mu = 1,00;$$

)

$$1 + \mu = 1,00;$$

)

$$1 + \mu = 1 + \frac{12}{100 + \lambda} \left(1 + \frac{0,4l}{f}\right),$$

(6.20)

f—

; l —

;

)

$$1 + \mu = 1,10;$$

2) $1 + \mu = 1,20;$
) : — 1,4;
 , — 1,4;
 , — 1,3;
 , — 1,0;
 , — 1,0;
 , — 1,0;

) , ():
 $1 + \mu = 2,00;$
 $1 + \mu = 1,30;$
)

3) $1 + \mu = 1,00;$
) :

1,00;) $1 + \mu = 1 + \frac{81 - \lambda}{115},$ (6.21)

1,00;) $1 + \mu = 1 + \frac{81 - \lambda}{135},$ (6.22)

« » (0,5 —) 1,0 —
 « », (), « »
) : « » « »;

4) $1 + \mu = 1,00;$
 $1 + \mu = 1,20.$
 — 6.13,
 $1 + \mu = 1,00;$

5)

$$1 + \mu = 1,00.$$

$\lambda (\quad)$ (, ,),
 ;
) (—);
) (): ;
 ;
 , — ;
 ;
 () — ;
 , — ;
 ;
) , — ;
) — ;
) , (;
) — .
 $(v_t < 80 /)$,
 μ $v_t / 80$,
 1,10.

6.23

6.11 — 6.21,

γ_f

:

) ε — 6.9;

6.9

	γ_f			
	λ^* ,			
	0	50	150	
	1,30	1,15	1,10	1,30
	1,20	1,10	1,10	1,20

6.9

	γ_f		
	λ^* ,		
	0	50	150
	1,20		
	—		
*	λ		
(	$\gamma_f = 1$);		

) — 6.10;
) —
 $\gamma_f = 1,3 \left(1 - \frac{\lambda}{10^3}\right)$, 1,10, (6.23)
 λ — , , 6.9;
) :
 (—
 1,40; — 1,20;
 — 1,10;
) ,
 — 1,00;
) —
 $\gamma_{vb} \leq 17,7 / \sqrt[3]{\gamma_{vb}}$ — 1,1;
 $\gamma_{vb} = 39,2 / \sqrt[3]{\gamma_{vb}}$ — 1,4;
 — .

6.10

	γ_f
	1,50
	1,15
	1,10

6.24

$$W_n = W_m + W_p, \quad (6.24)$$

W_m

z

$$W_m = W_0 k C_w, \quad (6.25)$$

35.13330.2011

W_0 — , 20.13330

k — , () ;

C_w — , 20.13330;

z , 20.13330 W

$$W = W_m \xi L \epsilon, \quad (6.26)$$

ξ — ;
 L — z ;
 v —

) vL :

$$0,55 - 0,15 \lambda / 100, \quad 0,30, \quad (6.27)$$

λ — , ;
) ξ

20.13330, f_i); (ϵ ,

$$\delta = 0,3 \text{ —}$$

$$\delta = 0,15 \text{ —}$$

1,2, :
 ;

$$f_i > f_l,$$

f_l , —
 20.13330,

: 20 — V (15 —)
 VI VII

0,98 (—)
 0,59 —

),

:

20 %

,

;

;

;

;

3

(

2

)—

0,226

(

)

III

60 %,

— 20 %,

35.13330.2011

6.20.

5.48

(-)

6.25

1,5

6.26

6.11.

6.11

I	1570	780	1960	1570
II	1130	640	1420	1130
III	1030	540	1275	1030
IV	880	490	1130	880
V	390	245	490	390
VI	245	147	295	245
VII	147	98	245	147

2

VI VII

VI VII

50 %.

6.27

10 ° , — , , — 0,2 ,
 , , ,
 .
 (,).
 t_n , t_n
 :
) :
 ,
 :
 ,
 40 °
 $t_n = +40$; $t_n = -50$ ° ;
 ,
 $t_n = +40$ ° ; $t_n = -40$ ° ;
)
 $t_n = t_{VII} + T$, (6.28)

t_{VII} — 23-01;
 —

, 23-01.
 t_n
 5.39.

15 (10 °).

, ° :
 $t_3 = t_n - 15$; (6.29)

$t_3 = t_n + 15$. (6.30)

6.28

- 1,0 · 10⁻⁵.

1,2 · 10⁻⁵

S_f

μ_n —

$S_f = \mu_n F_v$, (6.31)

$$\mu_n = \frac{\mu_{ma} + \mu_{min}}{2}; \tag{6.32}$$

F_v —

$$\gamma_f = 1.$$

) , — 0,040 0,010;
) — 0,020 0 () ;
) — 0,40 0,10;
) — 6.12

6.12

	23-01		0,92	
	10		50	
	μ_{ma}	μ_{min}	μ_{ma}	μ_{min}
9,81	0,085	0,030	0,120	0,045
19,6	0,050	0,015	0,075	0,030
29,4	0,035	0,010	0,060	0,020
1				
2	() 10			

$$S_{f,ma} = \mu_{ma} F_v;$$

$$S_{f,min} = \mu_{min} F_v,$$

$$\gamma_f S_{f, ma} S_{f, min}$$

1,1.

$$S_h = \frac{\delta}{G} AG, \tag{6.33}$$

δ —
—
—
 G —

6.13.

6.13

	20	30	40	50	55
-68-1	0,90	1,10	1,30	—	—
-	0,70	0,59	0,70	0,80	1,00
1347-1					
-3	0,90	1,20	1,40	1,40	—
—					

6.29

()

2

()

25.13330.

6.30

()

3.03.01.

1,20 (0,85)

196

1,10 —

1,6 —

1,3 —

6.31
14.13330.
6.32

1,15 —

1,3 —

6.24—6.30, γ_f 6.14.

() .

$$\gamma_{f,\max} = 1 + \frac{0,1}{\sqrt{z}} \geq 1,038; \quad (6.34)$$

$$\gamma_{f,\min} = 1 - \frac{0,1}{\sqrt{z}} \leq 0,962, \quad (6.35)$$

z —

6.14

		γ_f
:		1,4 1,0 1,2 1,2 1,2 1,3 6.28
:		1,1 (0,9) 1,3 (0,8)
, ,		1,3 (0,7)
, ,		1,1 (1,0) 1,3 (1,0)
:		1,3 (1,0) 1,1 (1,0) 1,2 (1,0)
1	γ_f , , ,	
2	γ_f	20.13330.

7

7.1

27751.

7.2

()

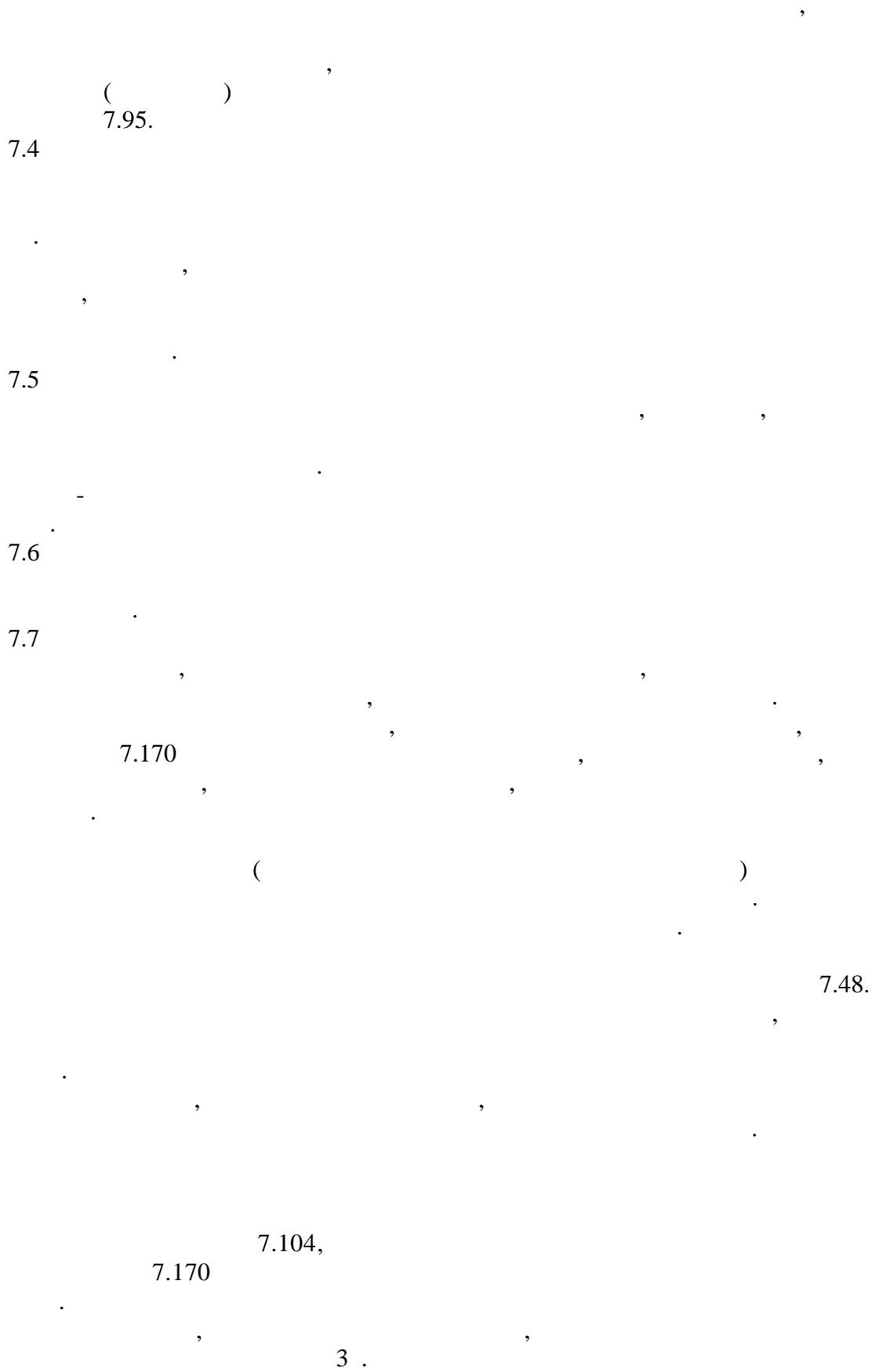
7.1.

7.1

		(, , ,)
,	»	
,	(, 2, . 7.24)	
()		
()		

7.3

() ,
,



7.8 ()

7.9 ().

10 .

7.10 () ().

() , , , , ,

7.16,

7.45.

()

4 .1
Δ

$$\Delta = \frac{\sigma}{\omega} \int_0^l \frac{dx}{e^{\omega x + \delta \Theta}}, \quad (7.1)$$

σ — , 7.14;

l —

; (.1 .2).

γf :
— (1,0± 0,1);
— 7.86.

7.11

: () (-) — ; (2/3), — , .

:

35.13330.2011

— $20d$ (d —) ;
 18) — $25d$.

40° , $5d$.

7 , 7.2;

40° ,

7.2:

27 — 9 ;
 30 — 12 ;
 38 — 15 .
 7
 1,4.

7.2

7.2

	-	l_{np} ,							
		22,5	25	27,5	30	35	40	45	50
7-1500	9	88	85	83	80	75	70	65	60
7-1500	12	98	95	93	90	87	85	75	70
7-1400	15	115	110	105	100	95	90	85	80

7.12

7.13

7.14

) , (50 %), ,
);
) , (50 %).
 :
) , (50 %);
) , (50 %),

7.15.

(50 %)

98

7.15

) $\Delta\sigma(t)$:

$$\Delta\sigma(t) = (1 - e^{-0.1\sqrt{t}}) \Delta\sigma(t \rightarrow \infty), \quad (7.2)$$
 $\Delta\sigma(t \rightarrow \infty) =$ () ;
 $t =$, ;
 $= 2,718$;
) , 40 % ,
 25 % ,
 IVA , 23-01
) , 50 % ;

n

ε_n

7.32.

7.16

l_0

(8).

7.3

$I_1 = E_b I_1$

$I_2 = E_b I_2.$

7.3

L	l_0		
	0,5	1	$1/2$ 5
0,2	1,1		
1	1,3	1,15	
3	1,5	1,4	1,1
—		$L/1/2$	l_0

()
()

, %

:
0,20 — $l_0 / i \leq 17;$
0,60 — $l_0 / i \geq 104;$
(l_0 —
);
 $i = \sqrt{J_b / A_b}$ — J_b —

; b —
120, — 150.

l_0 / i_{ef} — 55, — 35, i_{ef} —
()

7.17

7.18

1, 26633. 2200 2500 / 3
 .
 « »
 (0,95)
 , 150 × 150 × 150
 « » —
 R_{bp} — ()
 (7.31).
 R_{b0} — ()
 ()

7.19

20, 22,5, 25, 27,5, 30, 35, 40, 45, 50, 55 60.
 22,5 27,5
 ,
 60 ()
 ,
 7.4.
 35.
 28- 30 .

7.4

1	20
2))	25 30
3) : 600 (-IV), 600 (-IV) 800 (-V), 800 (-V), 1000 (-VI) 7	30 35 35

35.13330.2011

7.4

) :		30
7 7		35
()		
4		
40	:	35
40		45
		45

7.20

F

7.5.

7.21

7.22

28.13330

W6.

W8.

40 °

W8.

7.23

28.13330,

10060.0,

7.5

(			2.3			
	1					
	-					
	-			((-
23-01, )	(	0,5))	(-)
10	F200	F100	F200	F100	F100	—

7.5

(23-01,)	1		2,3			
	-					
	(0,5)			()	(-)	
20 10 -	F200	F100	F300	F200	F100	F300
20	F300	F200	F300 ⁴	F300	F200	F400 ⁵
-	F300					
1	1					
2	0,5					
3	100					
4	F400.					
5	1,5 F500.					
1	(0,5),					
2	(),					

7.24

$$R_{bm,} \quad (0,95.) R_{bn}$$

$$R_b \quad R_{bt} \text{ — }$$

$$\gamma_m \quad m_n.$$

1,3 () γ_m 1,5

γ_m 1,0.

0,9 – ;

1,0 – .

7.6.

$R_{b,cut}$:

— $R_{b,cut} = 0,1 R_b$; — 7.78;

7.170 — $R_{b,cut} = 0,05 R_b$.

10 % , R_b $R_{b,mc2}$

— $R_{b,cut} = 0,05 R_b$. 7,6,

20

() 25 %.

7.6

		20	22,5	25	27,5	30	35	40	45	50	55	60
()	R_b	10,5	11,75	13,0	14,3	15,5	17,5	20,0	22,0	25,0	27,5	30,0
	R_{bt}	0,85	0,90	0,95	1,05	1,10	1,15	1,25	1,30	1,40	1,45	1,50
()	$R_{b,ser}$	15,0	16,8	18,5	20,5	22,0	25,5	29,0	32,0	36,0	39,5	43,0
	$R_{bt,ser}$	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,95	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50
	$R_{b,sh}$	1,95	2,30	2,50	2,75	2,90	3,25	3,60	3,80	4,15	4,45	4,75

7.6

		7.6											
		20	22,5	25	27,5	30	35	40	45	50	55	60	
(-												
)	-												
-	-												
-	-												
:	-												
-	$R_{b,mc1}$	—	—	13,7	15,2	16,7	19,6	23,0	26,0	29,9	32,8	36,2	
-	$R_{b,mc2}$	8,8	10,3	11,8	13,2	14,6	16,7	19,6	22,0	25,0	27,5	30,0	

7.25

7.24

7.6,

7.7.

7.26

R_{bf}

$$R_{bf} = m_{b1} R_b = 0,6 \beta_b \varepsilon_b R_b, \quad (7.3)$$

m_{b1} —
 R_b —

;

(7.6);

β_b —

7.8;

ε_b —

$$\rho_b = \sigma_{b,min} / \sigma_{b,max}$$

7.9.

7.7

1	m_{b1}	R_b	7.26
2	0,3 ²	m_{b4}	R_b

7.7

3	m_{b6}	R_b $R_{b,sh}$	7.27 7.27
4 40	m_{b7}	R_b	0,9
5 40	m_{b8} m_{b8}	R_b R_b	0,9 0,8
6 23-01	m_{b9}	R_b, R_{bt}	0,85
7	m_{b10} m_{b10} m_{b10}	R_b R_b R_b	7.28 7.10 7.29 7.30
8	m_{b13} m_{b14} m_{b15}	$R_{b,mc2}$ $R_{b,sh}$ $R_{b,sh}$	1,10 1,15 0,50

7.8

	27,5	30	35	40	45	50	55	60
β_b	1,34	1,31	1,28	1,26	1,24	1,22	1,21	1,20

7.9

	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
ρ_b						
ϵ_b	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,24
	ρ_b			ϵ_b		

7.27

σ_{by} $R_{b,sh}$ $R_{b,cut}$ R_b ,
 m_{b6} :

) R_b :
 $m_{b6} = 1,1$ — $0,1R_b \leq \sigma_{by} \leq 0,2R_b$;
 $m_{b6} = 1,2$ — $\sigma_{by} = 0,6 R_b$;

) $R_{b,sh}$ $R_{b,cut}$:
 $m_{b6} = 1 + 1,5 \sigma_{by} / R_{b,sh}$ — $\sigma_{by} \leq 0,98$;
 $m_{b6} = 1 + \sigma_{by} / R_{b,sh}$ — $\sigma_{by} = 2,94$.
 σ_{by}

7.28

m_{b10} ,

b

() () R_{bj} $R_{b,con}$ 7.10.
 120 , m_{b10}
 20 40 , 70 ,
 70 — 200 .
 7.10

	m_{b10}						$R_{bj} / R_{b,con}$			
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
20 40	0,70	0,76	0,82	0,88	0,94	1,0	1,0	1,0	1,0	
70	0,50	0,58	0,65	0,72	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0	
200	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,0	

7.29

m_{b10} ,

0,90, — 0,85.

0,05.

m_{b10}

$m_{b10} = 1$.

7.30

7.24,

0,85 — 20 22,5;

0,75 — , 25– 35;

0,70 — , 40 .

m_{b10} , :

1,5 ,

28-

7.31

7.6

25.

7.32

ε_{bto} : ε_{btu} ; ε_{bo} , ε_{bu} ,
 G_b ; v ; n ;
 ε_{sn} .

$\varepsilon_{bo} = 0,002$;
 $\varepsilon_{bu} = 0,0035$;
 $\varepsilon_{bto} = 0,0001$;
 $\varepsilon_{btu} = 0,00015$.

E_b

7.11.

7.11

	20	22,5	25	27,5	30	35	40	45	50	55	60
$E_b \cdot 10^{-3}$,	27,0	28,5	30,0	31,5	32,5	34,5	36,0	37,5	39,0	39,5	40,0

E_b ,

7.11,

10 % —

15 % —

IVA

23-01.

20 – 35 — $0,5 E_b$;
 40 — $0,6 E_b$.

G_b

$0,4 E_b$,

() — $v = 0,2$.

1500

v — 0,25.

ϵ_{sn}

7.12.

n

7.12

	$n \quad \epsilon_{sn}$										
	20	22,5	25	27,5	30	35	40	45	50	55	60
$n \cdot 10^6, -1$	115	107	100	92	84	75	67	55	50	41	39
$\epsilon_{sn} \cdot 10^6$	400	400	400	400	400	400	400	365	330	315	300
10 %.	— , , $n \quad \epsilon_{sn}$										

7.13.

7.13

0,5 :	1,7	—
0,6	1,6	—
0,7	1,4	—
0,8	1,25	—
0,9	1,15	—
1,0	1,0	—
28 , :	1,0	—
60	0,8	—
90	0,7	—
180	0,6	—
360	0,5	—
0 , -1:	0,51	0,22
5	0,65	0,54
10	0,76	0,66
20	0,93	0,92
40	1,11	1,10
60	1,23	1,18
80	1,30	1,22

7.13

, %:		
40	1,27	1,14
50	1,13	1,08
60	1,00	1,00
70	0,87	0,91
80	0,73	0,79
90	0,60	0,63
100	0,47	0
1 2 23-01,	IV —	, 60%.

7.33

()

,

,

,

;

,

;

()

;

,

;

,

;

,

(40 , 60).

,

,

,

7.14 7.39, 7.91 7.133; « »

7.14

			σ								
						-30	-30 -40	-40	-30	-30 -40	-40
	240 (-I)	5781 380	235 < σ < 310 380 < σ < 500	3 3 3 3 3 3	6—10 12—40 6—10 12—16 18—40 6—10	+	+	+	+	+	+
	300 (-II)	5781 380	295 < σ < 370	5 5 5 2	10—40 10—16 18—40	+	+	+ ^{1,2,3}	+	+	—
	c300 (-II)		500 < σ < 570	10	10—32	+	+	+	+	+	+
	400 (-III)		400 < σ < 470	25 2	6—40	+	+	+ ¹	+	+ ¹	+ ¹
	600 (-IV)		600 < σ < 700	35	6—40	+	+ ⁴	—	—	—	—
	-800 (-V)		σ , $\sigma_{0,2}$ σ	20 2	10—22	+	+	+ ⁵	+	+	+ ⁵
			100	23 2 2	10—32	+	+	+ ⁵	+	+	+ ⁵
	600 ⁶ (-IV)	10884	—	28	10—28	+ ⁵	+ ⁵	+ ^{5,7}	—	—	—
	800 ⁶ (-V)		10 2	10—18	+ ⁵	+ ⁵	+ ^{5,7}	—	—	—	
	1000 ⁶ (-VI)		25 2	10—18	+ ⁵	+ ⁵	+ ^{5,7}	—	—	—	
			25 2	10—28	+ ⁵	+ ⁵	+ ^{5,7}	—	—	—	
	1500- B1200 (-II)	7348	$\sigma_{0,2}$ σ	—	3—8	+	+	+ ⁸	+	+	+ ⁸
	1500- B 1200 (-II)		300	—	3—8	+	+	+ ⁹	+	+	+ ⁹
	7-1500- K7-1400 (7)		13840	—	9—15	+	+	+	+	+	+
		—	—			+	+	—	+ ¹⁰	+ ¹⁰	—
	c	3067	—	—	3	+	+	—	+ ¹⁰	+ ¹⁰	—
		3090 7675 7676	—			+	+	—	+ ¹⁰	+ ¹⁰	—

7.14

1	.
2	.
3	.
4	1,1.
5	.
6	()
7).
8	5—8
9	5
10	.

300 5

()

20— ;

18— ,

22

7

7.14,

()

()

1860

1770

7.34 ()

240 3

40°

240 3

7.35

240 300 , 7.14,

7.36

8.

0,25

7.37

0,95,

()

R_{sn} ,

0,2 %.

7348

7

13840

0,95

7348 — 0,9

;

)

()

7.15;

— 0,90,

— 0,95.

:

1,0.

7.16.

7.38

R_{sc}, R

R_s, R ,

400

500

—

—

35.13330.2011

7.15

1	240; 300 300; 400, 400,	:	10—40 6—8	1,05 1,07 1,10
2	600 800 800, 1000,	:	10—14 16—28 10—14 16	1,20 1,25 1,15 1,25 1,20 1,25
3				1,20
4			7	1,20
5				1,25

7.16

		R_s R_p , ,		
1	) : 240	6—40	200	210
	) : 300 400	10—40 6 8 10—40	250 320 330	265 340 350
2	) : : 600* 800	10—32 10—32	435 565	465 600
	) : 600 800 1000	10—28 10—14 16—28 10—14 16	— — — — —	465 645 600 775 745
3	) : : 1500 1400 1400 1300 1200	3 4 5 6 7	1120 1060 1000 940 885	1180 1120 1055 995 930

7.16

		$R_s, R_p,$	
)	:		
1500	3	1100	1155
1400	4	1030	1090
1400	5	940	995
1200	6	885	930
4	:		
7-1500	9	1030	1090
7-1500	12	1000	1055
7-1400	15	970	1025
5	:	-	-
		0,54 R_{rpm}	0,57 R_{rpm}
*		600	

7.39

R_{sf}

R_{pf}

:

$$R_{sf} = m_{as1} R_s = \varepsilon_{\rho s} \beta_{\rho w} R_s; \tag{7.4}$$

$$R_{pf} = m_{ap1} R_p = \varepsilon_{\rho p} \beta_{\rho w} R_p, \tag{7.5}$$

m_{as1}, m_{ap1} —

R_s, R_p —

7.16;

$\varepsilon_{\rho s}, \varepsilon_{\rho p}$ —

$$\rho = \sigma_{\min} / \sigma_{\max},$$

7.17;

$\beta_{\rho w}$ —

7.18.

7.17

()	$\varepsilon_{\rho s}, \varepsilon_{\rho p}, \rho$								
	-1	-0,5	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,35
	$\varepsilon_{\rho s}$								
240	0,48	0,61	0,72	0,77	0,81	0,85	0,89	0,97	1
A300	0,40	0,50	0,60	0,63	0,67	0,70	0,74	0,81	0,83
A300 (-II)	—	—	0,67	0,71	0,75	0,78	0,82	0,86	0,88
A400	0,32	0,40	0,48	0,51	0,54	0,57	0,59	0,65	0,67

7.17

()	ϵ_{ps} ϵ_{pp} ρ								
	-1	-0,5	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,35
A600 (,) 7	ϵ_p								
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—

7.17

()	ϵ_{ps} ϵ_{pp} ρ								
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	1
240 A300 A300 (- II) A-400	ϵ_{ps}								
	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0,87	0,94	1	1	1	1	1	1	1
	0,90	0,92	0,94	1	1	1	1	1	1
A600 (,) 7	ϵ_p								
	0,38	0,49	0,70	0,78	0,85	0,91	0,94	0,96	1
	—	—	—	—	0,85	0,97	1	1	1
	—	—	—	—	0,78	0,82	0,87	0,91	1
7	—	—	—	—	0,78	0,84	0,95	1	1
1	$\rho < 0,85$ —					$\rho \geq 0,85$			ϵ_p
2	ρ ϵ_{ps} ϵ_p								

7.40
)

(

7.16,

:

$m_{a4} = 0,8$ — ;
 $m_{a4} = 0,7$ — ,

7

400

1/3

245 — 6 8 ;
 255 — , 10 .

7.18

	ρ	β_{pw}				32
		240	A300	A400	A600	
()	0	0,75	0,65	0,60	—	
	0,2	0,85	0,70	0,65	—	
	0,4	1	0,80	0,75	0,75	
	0,7	1	0,90	0,75	0,75	
	0,8	1	1	0,75	0,80	
	0,9	1	1	0,85	0,90	
-	0	0,75	0,65	0,60	—	
	0,2	0,80	0,70	0,65	—	
	0,4	0,90	0,80	0,75	—	
	0,7	0,90	0,90	0,75	—	
	0,8	1	1	0,75	—	
	0,9	1	1	0,85	—	
,	0	0,65	0,65	0,60	—	
	0,2	0,70	0,70	0,65	—	
	0,4	0,75	0,75	0,65	—	
	0,7	0,90	0,90	0,70	—	
	0,8	1	1	0,75	—	
	0,9	1	1	0,85	—	
1	32 , β_{pw} 5 %.					
2	$\rho < 0,$	β_{pw}	$\rho = 0.$			
3	600, ,					
4	ρ	β_{pw}	$\beta_{pw} = 1.$			

7.41

600 800 ,

7.16,

$m_{a5} = 0,9.$

240, 300 400 ,

7.42

(, ,),

1/5

$$m_{a6} = 1,1 - 0,5 \frac{a}{h-x} \leq 1, \quad (7.6)$$

$(h-x) \geq 0,2 (h-x)$

7.43

$$D \leq 24d \quad (d \text{ — })$$

8 24

$$m_{a10}, \quad D/d$$

$$m_{a10} = 0,7 + 0,0125 \frac{D}{8d} \leq 1. \quad (7.7)$$

$$D \leq 8d$$

7.44

5

7.16

$$m_{11}, \quad 0,94 \text{ —}$$

$$0,88 \text{ —} \\ 7.45$$

8.

$$1,10 \text{ —}$$

$$1,05 \text{ —}$$

(

)

1,0.

7.33,

80 %

1,05

1,10

5 %

7.46

7.47

- — 0,025;
- — 0,015.

7.19.

7.19

()		
	s	
A240, A300	$2,1 \cdot 10^5$	—
A400	$2,0 \cdot 10^5$	—
A600, 800, 1000	—	$1,9 \cdot 10^5$
	—	$2,0 \cdot 10^5$
	—	$1,9 \cdot 10^5$
	—	$1,95 \cdot 10^5$
	—	$1,95 \cdot 10^5$
	—	$1,7 \cdot 10^5$
	—	$1,6 \cdot 10^5$

7.48

7.19

7.11.

$n_1 (s / b)$

n'

n'

20	.....	22,5;
22,5	25	20;
27,5	.....	17;
30	35	15;
40	.....	10.

7.49

7.50

7.51

7.52

1,1 (0,9).

N

$= (1/400) l_0 (l_0 -$

7.16).

7.53

$= /N$

7.20.

7.20

	$e_c < r$	$e_c > r$	$e_c < r$	$e_c > r$
	7.68	7.68	7.69,	7.70
	7.54	7.54	—	7.54
	7.66	—	7.69,	—
	7.55	—	7.55	—
	— r —			

$> r$

$\eta, \quad 7.54.$

$\leq r \quad \varphi$
 7.55.

7.54

$\eta,$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}}, \quad (7.8)$$

$N_{cr} —$

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b I_b}{\varphi_l l_0^2} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta} + 0,1 \right);$$

(7.9)

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_0^2} \left[\frac{I_b}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{\delta}{\varphi_p}} + 0,1 \right) + n_1 I_s \right], \quad (7.10)$$

$I_b —$

$I_s —$

(7.9) (7.10)

$\varphi_l \quad \varphi_p$

φ_l

$$\varphi_l = 1 + M_l / M, \quad (7.11)$$

—

$l —$

δ

$/h,$

$$\delta_{\min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 R_b, \quad (7.12)$$

$R_b —$

$l_0 —$

()

$$\varphi_l = 1,0, \quad c < 0,1h \quad \varphi_l = 1,05.$$

$\varphi_p,$

$c \geq 0,1h$

$$\varphi_p = 1 + 12 \frac{\sigma_{bp} e_c}{R_b h}, \tag{7.13}$$

σ_{bp} —

$$(7.13) \quad h = D, \quad R_b \quad c/h \quad 1,5.$$

$$N / N_{cr} \leq 0,7. \tag{7.14}$$

(7.52).

$$\eta \tag{7.8};$$

7.55

($c = 0$)
 $c / r \leq 1,$

$$\varphi = \frac{\varphi_m}{\frac{N_l}{N} \varphi_l + \frac{N_m}{N}}, \tag{7.15}$$

φ_m —

φ_l —
 N_l —

N_m —

$N = N_l + N_m$ —

7.21,

φ_m φ_l ,
7.52,

7.22.

7.21

l_0 / b	l_0 / d	l_0 / i	φ_m / r				φ_l
			0	0,25	0,50	1,00	
4	3,5	14	$\frac{1}{1}$	$\frac{0,90}{0,90}$	$\frac{0,81}{0,81}$	$\frac{0,69}{0,69}$	1
			$\frac{1}{1}$	$\frac{0,86}{0,86}$	$\frac{0,77}{0,77}$	$\frac{0,65}{0,65}$	
10	3,6	35	$\frac{1}{1}$	$\frac{0,86}{0,86}$	$\frac{0,77}{0,77}$	$\frac{0,65}{0,65}$	0,84
			$\frac{0,95}{0,95}$	$\frac{0,83}{0,83}$	$\frac{0,74}{0,74}$	$\frac{0,62}{0,62}$	
12	10,4	40	$\frac{0,95}{0,95}$	$\frac{0,83}{0,83}$	$\frac{0,74}{0,74}$	$\frac{0,62}{0,62}$	0,79
			$\frac{0,90}{0,85}$	$\frac{0,79}{0,74}$	$\frac{0,70}{0,65}$	$\frac{0,58}{0,53}$	
14	12,1	48,5	$\frac{0,90}{0,85}$	$\frac{0,79}{0,74}$	$\frac{0,70}{0,65}$	$\frac{0,58}{0,53}$	0,70
			$\frac{0,95}{0,85}$	$\frac{0,83}{0,74}$	$\frac{0,74}{0,65}$	$\frac{0,62}{0,53}$	

7.21

			φ_m				φ_l
			$/r$				
l_0/b	l_0/d	l_0/i	0	0,25	0,50	1,00	
16	13,8	55	0,86	0,75	0,66	0,55	0,65
			0,78	0,67	0,58	0,47	
18	15,6	62,5	0,82	0,71	0,62	0,51	0,56
			0,75	0,64	0,55	0,44	
20	17,3	70	0,78	0,67	0,57	0,48	0,47
			0,70	0,59	0,47	0,40	
22	19,1	75	0,72	0,60	0,52	0,43	0,41
			0,64	0,52	0,44	0,35	
24	20,8	83	0,67	0,55	0,47	0,38	0,32
			0,59	0,47	0,39	0,30	
26	22,5	90	0,62	0,51	0,44	0,35	0,25
			0,53	0,42	0,35	0,26	
28	24,3	97	0,58	0,49	0,43	0,34	0,20
			0,50	0,41	0,35	0,26	
30	26	105	0,53	0,45	0,39	0,32	0,16
			0,46	0,38	0,32	0,25	
32	27,7	110	0,48	0,41	0,36	0,31	0,14
			0,42	0,35	0,30	0,25	
34	29	120	0,43	0,36	0,31	0,25	0,10
			0,39	0,32	0,27	0,21	
38	33	130	0,38	0,32	0,28	0,24	0,08
			0,33	0,28	0,24	0,20	
40	34,6	140	0,35	0,29	0,25	0,21	0,07
			0,32	0,26	0,22	0,18	
43	37,5	150	0,33	0,28	0,24	0,21	0,06
			0,30	0,25	0,21	0,18	

7.22

		φ_m				φ_l
		$/r$				
l_0/b	l_0/i	0	0,25	0,50	1,00	
4	14	1	0,86	0,77	0,65	1
6	21	0,98	0,84	0,75	0,63	0,94
8	28	0,95	0,81	0,72	0,60	0,88
10	35	0,92	0,78	0,69	0,57	0,80
12	42	0,88	0,76	0,67	0,55	0,72
14	49	0,85	0,74	0,65	0,53	0,62
16	56	0,79	0,68	0,59	0,48	0,58
18	63	0,74	0,63	0,54	0,43	0,43
20	70	0,67	0,56	0,46	0,37	0,32
22	77	0,63	0,51	0,43	0,34	0,26
24	84	0,58	0,46	0,38	0,29	0,20
26	91	0,49	0,38	0,31	0,22	0,16

7.21 7.22 :

b — ;
 d — ;
 l_0/i — (i —);
 $/r$ — N ;

35.13330.2011

— $r = W_{red} / A_{red} — N$ ($W_{red} A_{red} —$);

7.56 , 7.62–7.71 7.75 ; R_b ;

$R_s R_p$;

σR_{sc} , 7.60. —

63.13330, 7.57 52-101 [18] 52-102 [19]. ,

7.58 , h_f ,

1:3 , 1:3

7.59 ,

7.60 , $\sigma = R - \sigma_1$, (7.16)

$R —$ 7.38; $\sigma_1 —$ ($\gamma_s = 1,1; \sigma_1 \leq R$)

$\sigma = 0.$ $A^{1/3}$ $a^{1/3}$

$2 \geq 2 a^{1/3}$, $2 —$, $A^{1/3}$, $A^{1/3}$.

$$\begin{aligned}
 & \xi_1 \geq 2 a' / h_0, & \xi_2 < 2 a' / h_0, \\
 & , & \\
 & A' / h_0 < 2 a' / h_0, & \\
 & 7.61 & \\
 & M \leq (R_p A_p + R_s A_s) (h_0 - a'_s). & (7.17)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \xi_y = \xi / h_0, & \\
 & \xi_y, & \\
 & R_s & R_p \\
 & \xi_y & \\
 & \xi_y = \frac{R_p}{1 + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{R_p}{R_s} \right)}, & (7.18)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \omega = 0,85 - 0,008 R_b & ; \\
 & \omega = 0,85 - 0,008 R_b + \delta \leq 0,9 & ; \\
 & \delta = \begin{cases} 10\mu, & R_b \leq 0,15 \\ 0,15 \left(\frac{R_b}{\mu} - 1 \right), & R_b > 0,15 \end{cases} & ; \\
 & \sigma_1, & ; \\
 & \frac{R_s}{R_p + 500} - \sigma_p & ; \\
 & R_p & ; \\
 & \sigma_p & ; \\
 & \sigma_1 & ; \\
 & \sigma_2 & ; \\
 & 500 & ; \\
 & \xi = \xi_y / h_0 & \xi_y,
 \end{aligned}$$

63.13330, 52-101 [18] 52-102 [19].
 52-101 [18] 52-102 [19]

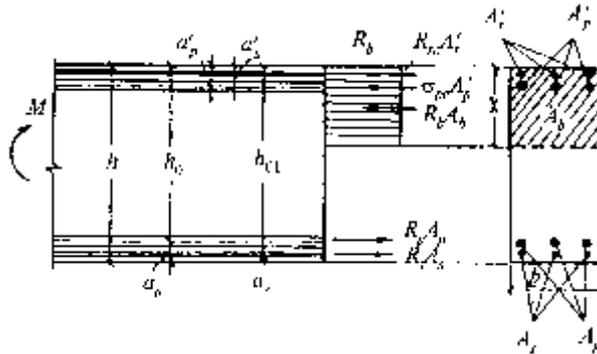
7.62 (7.1) $\xi = x/h_0 \leq \xi$

$$M \leq R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_{01} - a'_s) + \sigma_{pc} A'_p (h_0 - a'_p), \quad (7.19)$$

$$R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s - \sigma_{pc} A'_p = R_b b x. \quad (7.20)$$

$h_0 = h_{01}$.

(7.19) (7.20) , 0,8 —
0,9 —



7.1 —

7.63
 $\xi = x/h_0 \leq \xi$

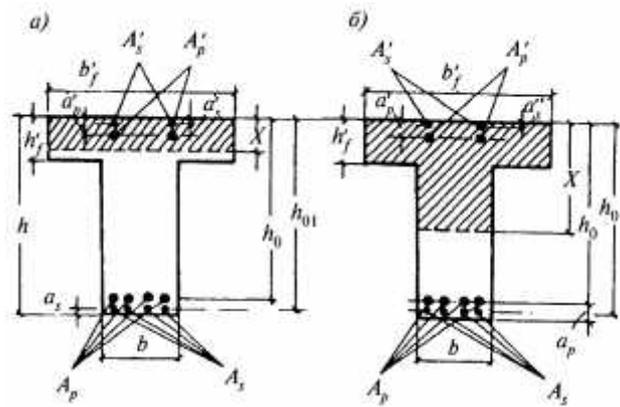
(7.2,), . . .

$$R_p A_p + R_s A_s \leq R_b b'_f x + R_{sc} A'_s + \sigma_{pc} A'_p, \quad (7.21)$$

(7.2,), . . . (7.21) b'_f 7.62;

$$M \leq R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_b (b'_f - b) h'_f (h_0 - 0,5h'_f) + R_{sc} A'_s (h_{01} - a'_s) + \sigma_{pc} A'_p (h_0 - a'_p), \quad (7.22)$$

$$R_p A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s - \sigma_{pc} A'_p = R_b b x + R_b (b'_f - b) h'_f. \quad (7.23)$$



7.2 —
7.64

$$r_1/r_2 \geq 0,5$$

(,), 7.71,

$$N = 0 \quad N$$

7.65

7.62 7.63,

σ_1

()

R

(),

$$\frac{7.66}{\leq r(3.55)}$$

$$N \leq \varphi R_b A_b, \quad (7.24)$$

φ —

7.55;

7.67

7.55)

$> r$ (r —

$$= - \eta, \quad (7.25)$$

N

$\eta,$

7.54;

c — ;
 — ; N

$$e_c \eta \leq 0,8a_c \quad (7.26)$$

7.68

(7.3)

$$N \leq R_b b x + R_b (b'_f - b) h'_f, \quad (7.27)$$

$a > 0,5h'_f$ ()

$$x = a + \sqrt{a^2 + (b'_f - b) (2a - h'_f) \frac{h'_f}{b}}, \quad (7.28)$$

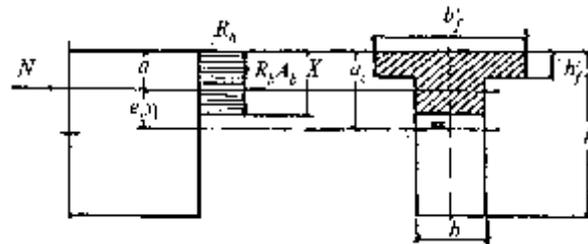
$a \leq 0,5h'_f$ ()

(7.27) (7.28) b b'_f .

$$N \leq R_b b x, \quad (7.29)$$

$$= h - 2e_c \eta. \quad (7.30)$$

(7.55).



7.3 —

7.69

$$\leq r \quad (7.55)$$

)

$$N \leq \varphi (R_b A_b + R_{sc} A'_s + R_{pc} A'_p); \quad (7.31)$$

$$N \leq \varphi(R_b A_b + R_{sc} A'_s) - \sigma_{pc1} A'_p + \frac{\sigma_b n_1 A'_p}{1 + n_1 \mu_{sc}}; \tag{7.32}$$

)

$$N \leq R_b A_b + R_{sc} A'_s - \sigma_{pc1} A'_p; \tag{7.33}$$

$$N \leq R_b A_b + R_{sc} A'_s - \sigma_{pc1} A'_p + \frac{\sigma_b n_1 A'_p}{1 + n_1 \mu_{sc}}. \tag{7.34}$$

(7.31) — (7.34):

N — ()
 φ — , 7.55;
 R_b — ,
 7.6;
 b — ;
 3 %, b ($b - \frac{1}{8} - \frac{1}{8}$);
 R_{sc}, R_{pc} — , 7.38;
 σ_{pc} — , 7.60, ,
 σ_{pc1} — 7.60, ; $\frac{1}{8}$,
 $\mu_{sc} = \frac{1}{8} / b$;
 $\sigma_b = N / b$;
 $A_{\frac{1}{8}}, A_{\frac{1}{8}}$ — ;
 n_1 — , 7.48.
 7.70
 $e_c > r > h \frac{1}{8} \quad \xi \leq \xi_y$ (7.2 7.4) ,

$$Ne_0 \leq R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_b (b'_f - b) h'_f (h_0 - 0,5h'_f) + R_{sc} A'_s (h_{01} - a'_s) + \sigma_{pc} A'_p (h_0 - a'_p) \tag{7.35}$$

$$0 = + (\eta - 1), \tag{7.36}$$

N — ;
 η — , 7.54;
 — N
 ;
 — N
 (7.52);
 σ_{pc} — , 7.60, ,
 (7.35) $b \frac{1}{8} = b$.

$$N + R_b A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s - \sigma_{pc} A'_p = R_b b x + R_b (b'_f - b) h'_f. \quad (7.37)$$

$$(7.37) \quad N$$

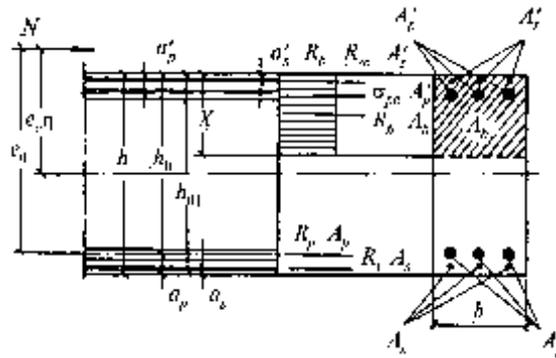
$$7.60.$$

$$> 2a'_{fs}, \quad < 2a'_{fs},$$

$$Ne_0 \leq (R_p A_p + R_s A_s + N) (h_0 - a'_s). \quad (7.38)$$

$$(7.100)$$

$R_{b,mc1},$



7.4 —

7.71

$$r_1 \quad r_2 \quad r_1/r_2 \quad 0,5$$

6),

$$\xi_{cir} = \frac{N + R_s A_{s,tot}}{R_b A_b + 2,7 R_s A_{s,tot}}. \quad (7.39)$$

ξ_{cir}

) $0,15 < \xi_{cir} < 0,60$

$$Ne_c \leq (R_b A_b r_m + R_s A_{s,tot} r_s) \frac{\sin \pi \xi_{cir}}{\pi} + R_s A_{s,tot} r_s (1 - 1,7 \xi_{cir}) (0,2 - 1,3 \xi_{cir}); \quad (7.40)$$

) $\xi_{cir} \leq 0,15$

$$Ne_c \leq (R_b A_b r_m + R_s A_{s,tot} r_s) \frac{\sin \pi \xi_{cir1}}{\pi} + 0,295 R_s A_{s,tot} r_s, \quad (7.41)$$

$$\xi_{cir1} = \frac{N + 0,75 R_s A_{s,tot}}{R_b A_b + R_s A_{s,tot}}; \quad (7.42)$$

) $\xi_{cir} = 0,6$

$$Ne_c \leq (R_b A_b r_m + R_s A_{s,tot} r_s) \frac{\sin \pi \xi_{cir2}}{\pi}, \tag{7.43}$$

$$\xi_{cir2} = \frac{N}{R_b A_b + R_s A_{s,tot}}. \tag{7.44}$$

(7.39) – (7.44):

$$r_m = (r_1 + r_2) / 2, \tag{7.45}$$

7.69, 7.70. R_b (,), $R_{b,red}$: l_0 / i_{ef} — 55, — 35 (i_{ef} — ,). $R_{b,red}$: $R_{b,red} = R_b + \varphi \mu_{s,xy} R_s$, R_s — ; $\mu_{x,xy} = \frac{n_x A_{sx} l_x + n_y A_{sy} l_y}{A_{ef} s}$. $\mu_{x,xy}$ (,); $\varphi = \frac{1}{0,23 + \psi}$; $\psi = \frac{\mu R_s}{R_b + 10}$. (7.49) R_s R_b , $\mu = \mu_{s,xy}$. 1,5 ;

$$R_{b,red} = R_b + \varphi \mu_{s,xy} R_s, \tag{7.46}$$

$$\mu_{x,xy} = \frac{n_x A_{sx} l_x + n_y A_{sy} l_y}{A_{ef} s}. \tag{7.47}$$

(7.46) (7.47):

n_x, s_x, l_x — , ();

n_y, s_y, l_y — , ; (

s — (7);

φ — ,

$$\varphi = \frac{1}{0,23 + \psi} \tag{7.48}$$

$$\psi = \frac{\mu R_s}{R_b + 10}. \tag{7.49}$$

(7.49) R_s R_b , $\mu = \mu_{s,xy}$.

1,5 ;

)

$$R_{b,red} = R_b + 2\mu R_s \left(1 - \frac{7,5e_c}{d_{ef}} \right), \tag{7.50}$$

R_s —
 c —
 μ —

;
 ()

$$\mu = \frac{4A_{s,cir}}{d_{ef} s}, \tag{7.51}$$

$s_{,cir}$ —
 d_{ef} —
 s —

7.54,

$$\varphi_1 = 0,25 + 0,05l_0/c_{ef} \leq 1 \tag{7.9},$$

$$\varphi_2 = (0,1l_0/c_{ef} - 1) \leq 1.$$

$$R_{b,red} = R_b \left(\dots \right) \tag{7.12}$$

7.73

($\gamma_f = 1$),

$$R_{bn} R_{sn} \leq \frac{R_b R_s}{400} \tag{7.153}$$

7.74

$$N \leq R_s A_s + R_p A_p, \tag{7.52}$$

N —

7.75

)

$$N e \leq R_s A'_s (h_{01} - a'_s) + R_p A'_p (h_0 - a'_p); \tag{7.53}$$

$$Ne' \leq R_s A_s (h - a_s - a'_s) + R_p A_p (h - a_p - a'_p); \quad (7.54)$$

)

(7.5,)

$$Ne \leq R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_b (b'_f - b) h'_f (h_0 - 0,5h'_f) + R_{sc} A'_s (h_{01} - a'_s) + \sigma_{pc} A'_p (h_0 - a'_p). \quad (7.55)$$

$$R_b A_p + R_s A_s - R_{sc} A'_s - \sigma_{pc} A'_p - N = R_b b x + R_b (b'_f - b) h'_f. \quad (7.56)$$

(7.55)

$$= \xi h_0, \quad \xi$$

> \xi h_0, 7.61.
> 2a'_s, 7.60.

$$> 2a'_s, \quad < 2a'_s,$$

$$Ne \leq (R_p A_p + R_s A_s - N) (h_0 - a'_s). \quad (7.57)$$

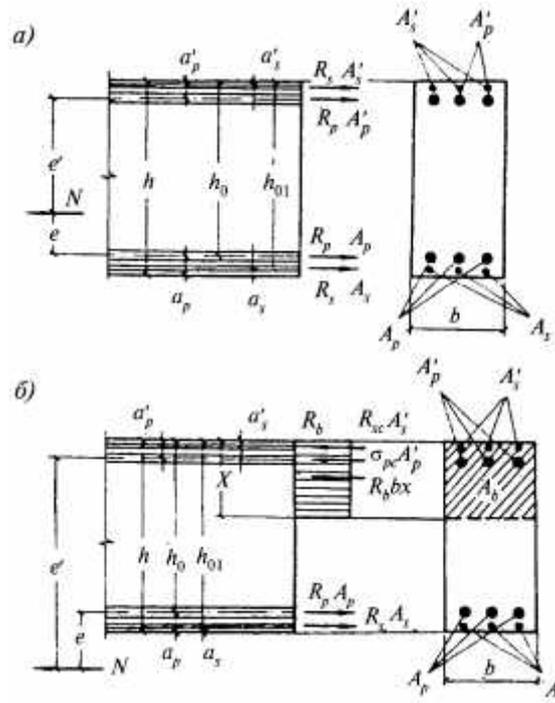
7.76

:

7.77

7.78;

7.83.



N

7.5 —

7.77

$$Q \leq 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_bbh_0 \quad (7.58)$$

(7.58):

Q — ;
 $\varphi_{w1} = 1 + \eta n_1 \mu_w$, ; $\varphi_{w1} \leq 1,3$,
 $\eta = 5$ — ;
 $\eta = 10$ — , 45° ;
 n_1 — ,
 7.48;

$$\mu_w = \frac{A_{sw}}{bS_w}, \quad (7.59)$$

A_{sw} — ;
 S_w — ;
 b — ();
 h_0 — .

$$\varphi_{b1} = 1 - 0,01R_b, \quad (7.60)$$

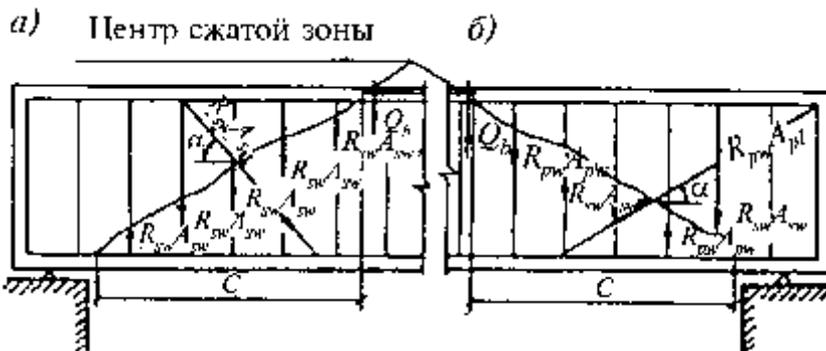
R_b

7.78

(7.6) :

$$Q = \sum R_{sw}A_{si} \sin \alpha + \sum R_{sw}A_{sw} + Q_b + Q^r_w; \quad (7.61)$$

$$Q = \sum R_{pw}A_{pi} \sin \alpha + \sum R_{sw}A_{sw} + \sum R_{pw}A_{pw} + Q_b + Q^r_w. \quad (7.62)$$



7.6 —

(7.61) (7.62):

Q — , - ;

$\Sigma R_{sw} A_{si} \sin \alpha, \Sigma R_{sw} A_{sw} —$ ()
 $\Sigma R_{pw} A_{pi} \sin \alpha, \Sigma R_{pw} A_{pw} —$ (, , ,) $2h_0;$
 R_{pw} , σ_{pw1}
 $R_{sw}, R_{pw} —$) ;
 m_{a4} $m_{p4},$
 $7.40;$
 $\alpha —$ () ;
 $Q_b —$,

$$Q_b = \frac{2R_{bt}bh_0^2}{c} \leq mR_{bt}bh_0, \tag{7.63}$$

$b, h_0 —$ () ;
 $—$, ;
 $m —$, $7.79;$

$$m = 1,3 + 0,4 \left(\frac{R_{b,sh}}{\tau_q} - 1 \right), \tag{7.64}$$

$1,3$ $2,5,$
 $R_{b,sh} —$;
 $\tau_q —$;
 $\tau_q \leq 0,25 R_{b,sh} —$

$Q^r_w —$, $\tau_q > R_{b,sh} —$;
 $Q^r_w = 1000 A^r_w K,$ (7.65)

$A^r_w —$, $\beta,$.

$$K$$

$$0 \leq \left(K = \frac{\beta - 50}{40} \right) \leq 1. \tag{7.66}$$

$\beta = 90^\circ$
 $Q^r_w = 1000 A^r_w .$ (7.67)

7.79

$2h_0$,
 () 45°

60° —

7.80

$$\alpha = \text{arctg} \frac{\sigma_{mt}}{\tau_b}, \quad (7.68)$$

σ_{mt} —
 r_b —
 7.81

$$Q = Q_b + Q'_w. \quad (7.69)$$

7.82

Q

Q_b ,

(7.63),

k_t ,

$$k_t = 1 - 0,2 \frac{N}{R_{bt} b h_0}, \quad (7.70)$$

0,2 (N —

).

7.83

(7.7)

$$R_s A_s z_s + \Sigma R_{sA_{sw}} z_{sw} + \Sigma R_{sA_{si}} z_{si}; \quad (7.71)$$

$$R_p A_p z_p + \Sigma R_{pA_{pw}} z_{pw} + \Sigma R_{sA_{sw}} z_{sw} + \Sigma R_{pA_{pi}} z_{pi}; \quad (7.72)$$

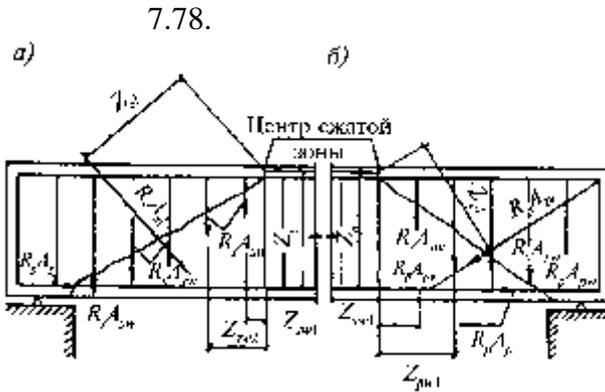
$z_{sw}, z_s, z_{si}, z_{pw}, z_p, z_{pi}$ —

7.78.

7.84

($\sigma_{bt} < R_{bt}$),

7.85



7.7 —

7.86

()

$$Q = 0,45 m_{sh} N_{\alpha}, \quad (7.73)$$

Q —

0,45 —

m_{sh} —

7.87;

N_{α} —

$$\gamma_f = 1 \pm 0,1 \quad (6.5 \quad 6.4), \quad () n \leq 10;$$

$$\gamma_f = 1 \pm \frac{0,1}{\sqrt{n-9}} \quad n > 10.$$

()

(, . .),

0,7.

7.87 m_{sh} (7.73) :
 — 1,2;
 — 1,0;
 — 0,25;
 — 0,45.

7.88

7.89 () ()

$$N \varphi_{loc} R_{b,loc} A_{loc}, \quad (7.74)$$

N — ;
 φ_{loc} — , :
 — 1,00, — 0,75;
 A_{loc} — ;
 $R_{b,loc}$ — :

$$R_{b,loc} = 13,5 \varphi_{loc1} R_{bt}; \quad (7.75)$$

$$\varphi_{loc1} = \sqrt[3]{\frac{A_d}{A_{loc}}} \leq 2. \quad (7.76)$$

(7.75) (7.76):

R_{bt} — ;
 d — ,

7.90 () 7.8.

$$N R_{b,red} A_{loc}, \quad (7.77)$$

A_{loc} — ;
 $R_{b,red}$ — ,
 $R_{b,red} = R_b \varphi_{loc,b} + \varphi \mu R_s \varphi_{loc,s}.$ (7.78)

(7.78):

R_b, R_s — ;

$$\varphi_{loc,b} = \sqrt[3]{\frac{A_d}{A_{loc}}} \leq 3; \quad (7.79)$$

φ, μ — 7.72
 [(7.47), (7.48) (7.51)];

$$\varphi_{loc,s} = 4,5 - 3,5 \frac{A_{loc}}{A_{ef}};$$

A_{ef} — ,
 $A_{lo} < A_{ef} \leq d;$

d —

7.8.

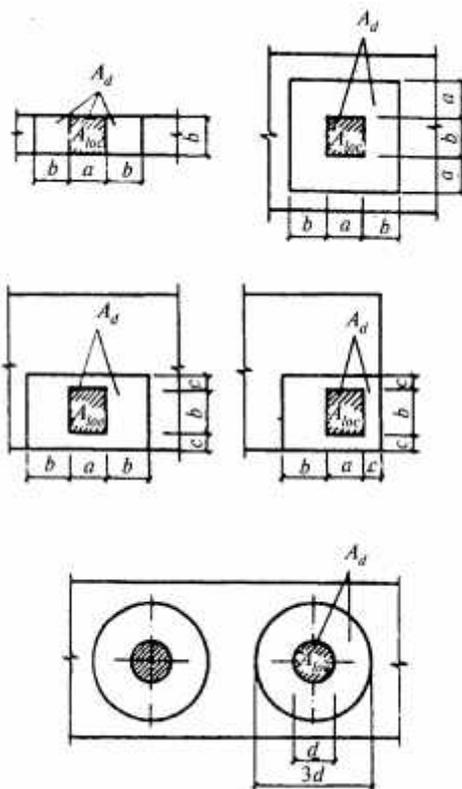
A_{lo}

7.89.

(7.8)

(),

7.111.



7.8 —

A_d
 A_{lo}

7.91

; , 1 —
;
;
;
;
;
;
;
;
;
;
;
;
;
0,6, —0,7.

75 %

(7.26 7.39), 7.33 ,
 7.92 40 ° , () .
 2 2 7.95, , , ,
) :

$$\sigma_{p,max} = (\sigma_{p1} - \sigma_{el,c}) + \sigma_{pg} + \sigma_{pv} \quad m_{ap1}R_p; \tag{7.80}$$

$$\sigma_{p,min} = (\sigma_{p1} - \sigma_{el,c}) + \sigma_{pg}; \tag{7.81}$$

) :
 :

$$\sigma_{bc,max} = \sigma_{pc1} + \sigma_{pcg} + \sigma_{pcv} \quad m_{b1}R_b; \tag{7.82}$$

$$\sigma_{pc,min} = \sigma_{pc1} + \sigma_{pcg} \tag{7.83}$$

() .

(7.80) — (7.83):

$\sigma_{p,max}, \sigma_{p,min}$ — ;
 σ_{p1} — () ;
 $\sigma_{el,c}$ — 7.93;
 $\sigma_{pg} = n_1 \sigma_{btg}$ — ;
 $\sigma_{pv} = n_1 \sigma_{btv}$ — ,
 n_1 — 7.48;
 m_{ap1} — , 7.39;
 R_p — 7.37;
 $\sigma_{pc,max}, \sigma_{pc,min}$ — ;
 σ_{bc1} — () ;
 $\sigma_{btg}, \sigma_{bcv}$ — ;
 $\sigma_{btv}, \sigma_{bcg}$ — ;
 m_{b1} — ,
 R_b — 7.26;
 7.24.

, , (,).

7.93

$\sigma_{el,c}$,

$$\sigma_{el,c} = n_1 \sigma_{bp} . \quad (7.84)$$

$$\sigma_{el,c} = n_1 \Delta \sigma_b m_1 . \quad (7.85)$$

(7.84) (7.85):

n_1 — 7.48;
 σ_{bp} — ;
 $\Delta \sigma_b$ — ;
 m_1 — (), (),

7.94

7.23.

7.23

:	$\frac{M}{I_{red}} x' \leq m_{b1} R_b \quad (7.86)$
	$n' \frac{M}{I_{red}} (h - x' - a_u) \leq m_{as1} R_s \quad (7.87)$
	$\frac{N}{A_{red}} \leq m_{b1} R_b \quad (7.88)$
:	$\sigma_b \leq m_{b1} R_b \quad (7.89)$
	$\sigma_s \leq m_{as1} R_s \quad (7.90)$

7.23

σ_{min} σ_{max}
 7.9, 7.17 7.18.

(7.90)

ρ ,

7.91

(7.86) — (7.90):

M, N — ;

I_{red} — ;

7.48;

m_{b1}, m_{as1} — ;

7.39, R_s ; $7.26 R_b$

$u, \frac{1}{u}$ — (;

red — $n\frac{1}{4}$ 7.48

7.95

7.24.

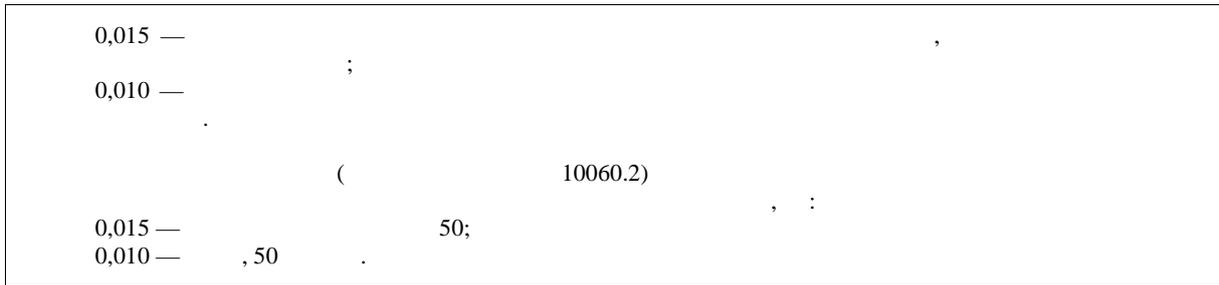
7.24

	-			
	-			
	-		cr	
	2	0*	—	0,5
() , () , 7 3 , 9 , ()	2	$0,4R_{bt,ser}$	—	—

7.24

	-			
	-			
	-			
	-			
(, (,) ,) , 4 , 7 12 15 , 4 , 7	2	$1,4R_{bt,ser}^{**}$	0,015***	0,5
() -	3	. 7.22	0,015	—
() ,	3	—	0,020	—
() , , () ,	3	—	0,030*****	—
<p>* , 7.88. ,</p> <p>** 7.96.</p> <p>*** $0,8 R_{bt,ser}$ $\Delta_{cr} = 0,02$.</p> <p>**** , :</p> <p>0,020 — , ;</p>				

7.24



Fragmented text from the main body of the document, including words like "28", "7.24", and "μ = 0,002".

400 7.26.

400

400

() ,

7.96

$2R_{bt,ser}$,

$1,4R_{bt,ser}$,

7.109. 7.97 ,

2 ,

— 0,01 — $1,15R_{bt,ser}$;

7.98 ,

2 , 2 3 , ,

$0,8R_{bt,ser}$.

7.99 ,

() () ;

() .

7.100

σ_{bx}

:

$R_{b,mc2}$ 7.48 7.97; —
 $R_{b,mc1}$ () $R_{b,mc2}$ ()
). —
 $R_{b,mc2}$.
 7.101 , (),
 2 ,
 7.24. 7.102 2 , 3 , 3 , 3 ,
 7.24, — 2 3 ,
 2 , « »
 7.103 7.24.
 σ_{mc} $R_{b,mc2}$
 7.25.

7.25

$\sigma_{mc} / R_{b,mc2}$	max σ_{mt}	
	$\leq 0,52$	$0,68R_{bt,ser},$ 1,75
$\geq 0,80$	$0,42R_{bt,ser}$	$0,53R_{bt,ser}$
1	$\sigma_{mc}/R_{b,mc2}$	max σ_{mt}
2	10 %.	

7.104
7.100 7.103,

$$\left. \begin{matrix} \sigma_{mt} \\ \sigma_{mc} \end{matrix} \right\} = \frac{1}{2}(\sigma_{bx} + \sigma_{by}) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_{bx} - \sigma_{by})^2 + 4\tau_b^2}, \quad (7.91)$$

σ_{bx} —

σ_{by} —

τ_b —

(7.92):

τ_q —

τ_t —

m_{b6}, m_{b14} —

$R_{b,sh}$ —

7.6.

$$\tau_b = \tau_q + \tau_t \leq m_{b6}m_{b14}R_{b,sh}. \quad (7.92)$$

7.27;

()
(7.91)

(7.92),

m_{b6}

m_{b6}

m_{b15} .

m_{b15} .

$0,5R_{b,sh}$

7.6.

7.105

a_{cr} ,

2 , 3 , 3 3 ,

$$a_{cr} = \frac{\sigma}{E} \psi \leq \Delta_{cr}, \tag{7.93}$$

σ — , σ_s () , —
 $\Delta\sigma$;
 E_s ;
 ψ — , 7.19;
 Δ_r — () , 7.109;
 7.106 7.24. , ,
 (7.93)

$$\frac{\sigma}{E} = \frac{\frac{\sigma_s}{E_s} \psi_1 + \frac{\Delta\sigma_p}{E_p} \psi_2}{\psi_1 + \psi_2}, \tag{7.94}$$

ψ_1 — 3.109;
 ψ_2 — , 7.109.

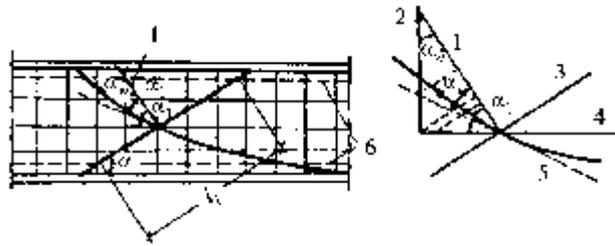
$$\psi = \frac{\psi_1 A_s + \psi_2 A_p}{A_s + A_p},$$

σ_s — ,
 7.107 ()
 $\sigma_s = \delta \frac{\sigma_{bt}}{\mu}, \tag{7.95}$

σ_{bt} — ,
 σ_{mt} — , τ
 μ — ;
 () ,
 δ — ,

$$\delta = \frac{1}{1 + 0,5/(l_i \mu)} \geq 0,75, \tag{7.96}$$

l_i — , ,
 ()
 7.9; 7.79.



1 — ; 2 — ; 3 — ; 4 — ; 5 — ; 6 —
 7.9 —
 7.108

7.105,

$$\Delta\sigma_p$$

$$\Delta\sigma_p = \frac{\sigma_{bt}}{\mu_p}, \tag{7.97}$$

σ_{bt} —

μ_p —

;

,

(,

,

μ_p

).

σ_{bt}

$$1,4R_{bt,ser}.$$

$$\sigma_s = \frac{\sigma_{bts}}{\mu_s}, \tag{7.98}$$

σ_{bts} —

A_{bts}

$$1,4R_{bt,ser};$$

$$\mu_s = \frac{A_s}{A_{bts}}. \tag{7.99}$$

7.109

ψ

R_r , ,

:

0,35 R_r —

;

35.13330.2011

$1,5\sqrt{R_r}$ —

7.110

$$R_r = \frac{A_r}{\Sigma \beta n d}, \quad (7.100)$$

A_r —

β —

n —

d —

7.26;

(

$r = 3d$.

$r = 5d$.

7.26

1	(	),	1,00
2	(	),	0,85
3	(	),	0,75
4	24	7	0,65
5	24		0,50

$$R_r = \frac{A_r}{\Sigma \beta_i n_i d_i \cos \alpha_i + \Sigma \beta_w n_w d_w \cos \alpha_w + \Sigma \beta_1 n_1 d_1 \cos \alpha_1}, \quad (7.101)$$

A_r — ,

$$A_r = l_i b, \tag{7.102}$$

l_i — 7.107;
 b — ;
 n_i, n_w, n_1 — () ;
 d_i, d_w, d_1 — (), ;
 $\alpha_i, \alpha_w, \alpha_1$ — (), , ;

7.9.

7.111 ,
 () ,
 .

$$3 \quad 3 \quad (\quad 7.24). \quad ,$$

$$0,4R_{bt,ser},$$

, : — 100 % ,
 — 30 % .

7.112 , $1/\rho$,
 f (α) .

$$f(\alpha) = \sum \int_0^l \bar{M}(x) \frac{1}{\rho}(x) dx, \tag{7.103}$$

$\bar{M}(x)$ — f —
 α — ;

$\frac{1}{\rho}(x)$ — ,
 () .
 (7.103) ($\bar{M}(x) \frac{1}{\rho}(x)$.

()

$$f(\alpha) = \sum \bar{M}(x) \frac{1}{\rho}(x) \Delta x, \tag{7.104}$$

$$\bar{M}(x) = \frac{1}{\rho}(x) \Delta$$

7.113

2, 2', 3,

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M_p}{B_p^*} + \frac{M_g}{B_g^*} + \frac{M_v}{B}, \tag{7.105}$$

M_p, M_g, M_v —

B_p^*, B_g^* —

(7.105)

7.114

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M_g}{\bar{B}_g^*} + \frac{M_v}{\bar{B}}, \tag{7.106}$$

\bar{B}_g^* —

\bar{B} —

(, 0,015)
52-102 [19].

0,015)

(

$B = 0,8 E_b I_b,$ (7.107)

$I_b -$
7.115
()

7.116

7.117
(7.27.
7.27

1	) :	12*	10
	) :	15	18
	) :	15	12
	) :	18	18
2) :		
	) ( ) :	15	—
	) ( ) :	10	—
) () :	—	—
	) :	—	18
	) :	—	20
	) :	—	12
	) :	15	15
	) :	18	15
	) ( ) :	8	12
	) ( ) :	6	8

7.27

		, ,	
3	) : 7 , :	10 12	12 12
4	) :	—	12
5		—	12
6		10	15
6		10	10**
7	- :	30 15	25 15
	0,4 , : 0,6 0,8 » 1,0 » 3,0	8 10 12	8 10 12
* ** 0,5 0,75			15 . 8 .

7.118

7.28.

28

7.28

1	(	12
2	,) ()	10
3	;	8
4	();	5
5	(.7.35) - ; () ;	6

7.119 ()
7.120 7.29.

7.11
1000 800, 800
7.11
, 4
, 5 .

7.29

1	:	3 3
	30	2 2* 4
	30 -	7 5 3
	)	4 7
	)	3
	) ,	4 7
	) :	3
2	() :	3
	)	3
	)	3
3	,	3
4	:	4**
	) 7	4 5 d
	) 600 800	d
	) d > 40 (,)	5
5	,	3
6	()	3***
7	:	3

7.29

*	3	3
**	11	5
***	20	2

7.121

7.122

4—

5—

6—

)

5—

6—

7.123

7.30.

3

7.30

		<i>d</i>
		<i>d</i>
1	6	<i>d</i>

7.30

		<i>d</i>
2	4	—
3	3	—
4	7	
	:	
5	4	—
	5	—
6	5	
	,	
9	,	
	:	
9	6	$d_c - 1$
11	8	—
» 11		
7		
7,		
,		
:		
	3	—
	4	—
8		
:		
	10	—
	13	—

7.124

2,5

30 7.125

7.126

300
 22d -
 25d -

(
 l_s)

:
 ;

30
 20 - 27,5 (d -
 400 l_s)
 d

5d.

7.127

8

90°

30
 7.128 — 15

20

7.129

36

7

95 %

7.130

90 %

7.131 ()

7.132

7.133

4 , — 4 .

25 . , 2,5

4

40 ,

10 ,

7.160.

7.134

1 . —

25 .

7.119, — 7.122 7.123.

7.135

) — 20 % 15 %

);

) — 10 % 5 %

7.136

()

15 — ;

20 — .

7.137

()

7.138

, 45° (60° 30°).

7.139

240, 300 400,

7.140

10

()

7.141

:

12

($d = 8 - 12$);

—

20

($d = 8 - 10$).

7.142

7.143

,

15

1/4

50

20

1/2

50
5

7.144

15 —

1/4

25 —

1/2

30

— 40 ,
 0,25 $R_{b,sh}$ ($R_{b,sh}$ —
 7.6).
 7.145 50
 7.146 , .
 ;
 7.147 . 15
 20 .
 7.148 , , .
 : , ,
 — 30 — 20 ;
 7.149 , .
 () 7.131 .
 , :
 10 — ;
 6 — .
 7.150 .
 : d
 15 d — ;
 12 d — .
 , :
 3 % — 40;
 , 3 % — 30.
 7.151 .
 , ,
 , ,
 , 40 .
 80 .
 , ,
 , ,
 - ,

10

1,15.

7.157 23279,

7.158 240, 300 400
7.14

50 %
7.159 15)
, 25 %,
, — 40 %

7.160 300 400 () 5 , 10
, 50 % 240,

20 .

14098. ()

4 ; 12 , 0,25d
7.161

: 50 %, ,
 . ()
 7.162 , 36
 - .
 7.163 l_s ()
 300 :
 30 d — 20 — 27,5;
 25 d — 30 , d — 400 l_s .
 4d. 240 l_s ()
 400. , l_s
 , 5d . 30
 25 .
 , 75 %
 , ()
 () 75 %
), 6 ,
 — 12 .
 , , ,
 , 50 %
 , — 25 %.
 50 %
 7.164 , l_s , .
 , , .
 , ()
) . . .
 , , ,
 , , ,
 . . .

7.165 , , :

10 , ; () 3 ,

, ; () 0,3

(0,5)

()

,)

7.166

6 .

10 .

7.167 ()

, , ,

7.168 , , ,

,

25 , 15

, , ,

, 10 .

7.169

, , ,

, 7 , 15,2 , 15,7 ,

0,95.

35.13330.2011

7.170

()

7.31.

7.29.

7.31

1400 13840		1,3,4,	1,	2,
1	151	2,5	0,80	25— 30
4	603	2,5	0,80	50— 60
7	1 055	3,0	0,80	60— 70
12	1 808	4,0	1,00	80— 90
19	2 863	5,5	1,20	95— 110
1 2 3 4	—	90°	3	180° — 6
	2 (	3).		

10 ;

0,4;

7.171

300 400 25
 19292.
 14098 10922.

7.172

1)
 σ_{bc} ,

$$0,75 \geq \frac{\sigma_{bc}}{R_b} > 0,25, \quad (7.108)$$

$$\sigma_{bc} = \frac{12d(d - 20d)}{25}$$

$$\begin{aligned} 300 &= 25d; \\ 400 &= 30d. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 300 &= 2d; \\ 400 &= 3d. \end{aligned}$$

7.173

δ 10d.
 d (δ/d)
) :
 0,55 — 0,65 — 300;
 0,65 — 0,75 — , 400;
) — 0,75 ;
) :
 0,65 — 300;
 0,75 — , 400;
) — 0,3

7.174

(),

(,)

7.175 .

0,3 . 0,75 .

7.176 , , 20 ° ,

()

(2,5 /) (1 1³ - - ,

.) (.

20 ° , , , ,

40 .

2,5 ± 0,5 ,

7.177 — 1 ± 0,5 .

59 , — 98 .

7.178 ()

20 , ,

5 .

7.179 (, . .) 0,4 .

,

() .

(1:10),

7.180

15 .

15 .

(, . .)

) :
 15 30 — 15;
 » » » 30 » 100 — 25;
 » » 100 — 35;
) :

— « »;

— 20;

— 20;

— 30;

— 50.

7.181

()

35.13330.2011

7.182

(), ,
 , () ,

7.183

; -, -, -, - ;
 , ;
 , , — ;
 , , , , ,

7.184

23-01) (.
 , , .

7.185

— 20. 25 .
 , .

7.186

, 7.183 7.184. ,

8

8.1

8.1.

8.1

40	
40	50
50	

8.2

- : ,
 , ;
 ;

35.13330.2011

) IV 8479 — - , - ,
 , — :
 275 40*, 45* 1050 ;
 315 40 * 4543 ;
 345 40 4543, ;
 590, 640, 785 40 2 4543,
 .
 8.5
 40 2 4543, 12 2 [4], 17 2 [5].
 09 2 19281
 -20 13 2246.
 8.6 , :
 ,
 ();
 [6];
 , 390 590 —
 ;
 9-1,5 21437 —
 ;
 09 2 -14 19281; 20- - 45- - 1050
 — ;
 21631* 13726 1
 1 4784 —
 , , ,
 , .
 20 .
 8.7 () , 8639 53-101 [20].
 2,5
 1,2
 8.2 .
 8.8 , 8.3.
 , γ_m
 8.4.

8.9
8.2, 8.5.

8.6.

8.7. 8.4,

8.10

8.8.

16.13330.

8.11 8.9.

8.10.

16.13330.

8.12 ()
 $R_{ba} = 0,4R_{un}.$ (8.1)

8.13 9-1,5

50

8.14 52643

52644 R_{bh}
 $R_{bh} = 0,7R_{bun},$ (8.2)

R_{bun} —

8.15 μ
 γ_{bh}

8.12.

8.16 R_{dh}

$R_{dh} = 0,63R_{un},$ (8.3)

R_{un} —

Таблица 8.2

Тип исполнения	Сталь несущих элементов сварных пролетных стропил, опор, опорных частей и эксплуатационных устройств, применяемая в заводских и монтажных соединениях						толщина проката, мм	
	сварных швов железнодорожных и совмещенных мостов, включая стыковые, элементов из листового проката		марка стали	вид проката	марка стали	государственный стандарт		
	толщина проката, мм	марка стали				номер		дополнительные требования
Обычное	8—50 ¹	15ХСНД-2	ГОСТ 6713	Любой	16Д ³	ГОСТ 6713	—	До 20 включ.
	8—40 ¹	10ХСНД-2	ГОСТ 6713	Толстолистовой, широкополосный (универсальный)	15ХСНД 15ХСНД-2 10ХСНД 10ХСНД-2 15ХСНДА-2 10ХСНДА-2 12Г2СБД-2 ^{3,4} 14ХГНДЦ-2 ^{3,5}	ГОСТ 6713 ГОСТ 6713 ГОСТ 6713 ГОСТ 6713 [7] [7] [7] [8]	По примечанию 3 к таблице 1*; 2.2.7, 2.2.9 То же Изменения № 1, 2	8—15 8—15 8—40 ¹ 8—50 ¹ 8—50 ¹ 8—50 8—50
				Фасонный, сортовой, трубы	15ХСНД 10ХСНД 09Г2С-12 09Г2СД-12	ГОСТ 6713 ГОСТ 6713 ГОСТ 19281 ГОСТ 19281	По примечанию 3 к таблице 1*; 2.2.7, 2.2.9 То же	8—32 8—15 8—25 8—25

Продолжение таблицы 8.2

Тип исполнения	Сталь несущих элементов сварных пролетных строений, опор, опорных частей и эксплуатационных устройств, применяемая в заводских и монтажных соединениях									
	сварных швов железнодорожных и совмещенных мостов, включая стыковые, элементы из листового проката					сварных швов высокопрочных болтов элементов автодорожных, городских и пешеходных мостов и сварных швов и высокопрочных болтов в заводских соединенных и высокопрочных болтов в монтажных соединенных элементов железнодорожных и совмещенных мостов *				
	толщина проката, мм	марка стали	номер государственного стандарта	вид проката	марка стали	номер государственного стандарта	вид проката	марка стали	номер государственного стандарта	толщина проката, мм
Северное А	8—50 ¹	15ХСНД-3	ГОСТ 6713	По примечанию 3 к таблице 1*, 2.2.7, 2.2.9 То же	Толстолистовой, широкополосный (универсальный)	15ХСНД-3	ГОСТ 6713	По примечанию 3 к таблице 1*, 2.2.7, 2.2.9 То же	8—50 ¹	
	8—40 ¹	10ХСНД-3	ГОСТ 6713	То же	Фасонный, сортовой, трубы	10ХСНД-3 15ХСНДА-3 10ХСНДА-3 12Г2СБД-3 ^{3,4} 14ХГНДЦ-3 ^{3,5}	ГОСТ 6713 ГОСТ 6713 ГОСТ 6713 ГОСТ 6713 ГОСТ 19281	Изменения № 1, 2 По примечанию 3 к таблице 1*, 2.2.7, 2.2.9 То же	8—40 ¹ 8—50 ¹ 8—50 ¹ 8—50 8—50	
Северное Б	8—40 ¹	10ХСНД-3 ³	ГОСТ 6713	По примечанию 3 к таблице 1*, 2.2.7, 2.2.9, 4.3***	Толстолистовой, широкополосный (универсальный)	10ХСНД-3	ГОСТ 6713	По примечанию 3 к таблице 1*, 2.2.7, 2.2.9, 4.3***	8—40 ¹	
										09Г2СД-15**	ГОСТ 19281	»	8—25

любо А. Исследования электрической стали 1
ОСГ 6713 для сталей типа перлитных; устойчива при — 32 мм. При этом треб. выполняем к н

8.3

		$R = R_{ym}/\gamma_m$
		$R_u = R_{un}/\gamma_m$
()		$R_s = 0,58 R_{ym}/\gamma_m$
		$R_p = R_{un}/\gamma_m$
	()	$R_{lp} = 0,5 R_{un}/\gamma_m$
	:	$R_{cd} = 0,025 R_{un}/\gamma_m$
$R_{un} \leq 600$ $R_{un} > 600$		$R_{cd} = [0,042 \cdot 10^{-6}(R_{un} - 600)^2 + 0,025] R_{un}/\gamma_m$
60	t t	$R_{th} = 0,5 R_{un}/\gamma_m$

8.4

535 14637 (3 , 3 , 3)		m
19281 (380)		1,05
19281 (.380)		1,10
6713 (16)		1,09
6713 (15);		1,165
[7] (15 ; 12 2)		
[8] (14)		
19281 (09 2 ; 09 2)		
6713 (10)		1,125
[7] (10)		

8.5

			*,	**,		***,	
				R_{ym}	R_{un}	R_y	R_u
16	6713		20	235	370	215	340
16	6713	»	21 — 40	225	370	205	340
16	6713	»	41 — 60	215	370	195	340
15	6713	»	8 — 32	345	490	295	415
15	6713		33 — 50	330	470	285	400
10	6713		8 — 15	390	530	350	470
10	6713		16 — 32	390	530	350	470
10	6713	»	33 — 40	390	510	350	450
15	[7]	»	8 — 50	345	490	295	415
10	[7]	»	8 — 50	390	530	350	470
12 2	[7]	»	8 — 50	345	490	295	415
14	[8]	»	8 — 50	345	490	295	415
09 2	19281		8 — 20	345	490	295	415
09 2	19281	»	8 — 20	345	490	295	415
40X13	5632		250	1200	1540	1050	1365

8.5

*						
**						
***		6713,	19281, [7]	[8].	R_y	R_u
			8.3.			
1			8.4,	5		
2					10885	

8.6

		25	30	35	20	20	35
	R_y	175	190	205	205	220	220
	R_s	105	115	125	123	130	130
()	R_p	265	300	315	345	315	345
()	R_{lp}	125	145	155	170	155	170
()	R_{cd}	7	7,5	8	9	8	9

8.7

	()					
	275 (40*, 45*)	315 (40 *)	345 (40)	590 (40 2)	640 (40 2)	785 (40 2)
R_y	215	260	280	460	490	605
(), R_s	120	145	160	260	285	350
R_p	325	395	420	680	730	905
() R_{lp}	160	195	205	340	360	450
R_{cd}	8	10	10	17	19	23

8.8

	,	$R_{wy} = R_y$ $R_{wu} = R_u$ $R_{ws} = R_s$
	():	$R_{wf} = 0,55 (R_{wun} / \gamma_{wm})$ $R_{wz} = 0,45 R_{un}$
1	,	R_{wun}
2	,	9467.
3	16.13330.	R_{wun}
		γ_{wm} 1,25.

8.9

-				440
	4.6; 5.6; 6.6	4.8; 5.8	8.8; 10.9	
	$R_{bs} = 0,38R_{bun}$	$R_{bs} = 0,4R_{bun}$	$R_{bs} = 0,4R_{bun}$	—
-	$R_{bt} = 0,42R_{bun}$	$R_{bt} = 0,4R_{bun}$	$R_{bt} = 0,5R_{bun}$	—
) :	—	—	—	$R_{bp} = (0,6 + 410 R_{un}/) R_{un}$
-				
)	—	—	—	$R_{bp} = (0,6 + 340 R_{un}/) R_{un}$
-				

8.10

		4.6	3 4	09 2 295-09 2-4 295-09 2-6	325-09 2 -4 325-09 2 -6	40
	R_{bs}	145	140	165	175	395
	R_{bt}	160	155	185	195	495

8.11

$d,$	()			
	20	09 2; 295-08 2-6	325-09 2 -6	40
12—20	160	175	185	—
16—27	—	—	—	430
21—32	160	175	180	—
30	—	—	—	370
36	—	—	—	295
33—60	160	—	180	—
42	—	—	—	255
48	—	—	—	235

8.11

d,	()			
	20	09 2; 295-08 2-6	325-09 2 -6	40
61—80	160	—	175	—
81—100	160	—	170	—
101—160	160	—	170	—
161—250	160			

8.12

	μ	γ _{bh}		
		2—4	5—19	20
1	0,58	1,4	1,3	1,2
50—70				
2	0,46	1,4	1,3	1,2
50—70	—			
3	0,38	1,4	1,3	1,2
50—70				
4	0,35	2,5	1,8	1,4
()				
5	0,42	2,0	1,6	1,3

8.17

—
γ_m = 1,6.

8.18

8.13.

8.14.

8.13

	G,
1	E = 2,06 · 10 ⁵
2	G = 0,78 · 10 ⁵
3	E = 2,01 · 10 ⁵

8.14

	3064	6
	18899	8
[9]		10
		1,18 · 10 ⁵
		1,45 · 10 ⁵
		1,61 · 10 ⁵

8.14

[9]	3064 18899	11 12 14 16	$1,65 \cdot 10^5$ $1,70 \cdot 10^5$ $1,75 \cdot 10^5$ $1,77 \cdot 10^5$

8.19

$\gamma_u = 1,3$

R_u ;

m ,

8.15 8.36

8.15

		m
1		0,9
2		1,0
3		1,0
4		0,8
5		0,9
6	():	0,7 0,8 0,75 0,9
7	« »	0,85
8	1 - 7	1,0
—		1, 2 3 4 — 7. 4 — 6.
		7

8.20

(-).

5 %.

().

8.21

8.6, — 8.34 8.35.

1:15.

8.22

— 1,5 %

— 0,7 %

8.23

4

8.24

8.25 $N,$

$$\frac{N}{A_n} \leq R_y m. \tag{8.4}$$

8.15. 8.26 — 8.32 m —

8.26 $\frac{M}{W_n} \leq R_y m,$

$$\tag{8.5}$$

α — $(8.6) \quad (8.7)$

W_n — $8.32;$ $b_{ef} \quad Q$

α :

$$\tau_m \leq 0,25R_s \tag{8.6}$$

$\alpha = \alpha_1; \tag{8.6}$

$0,25 R_s < \tau_m \leq R_s$

$$\alpha = \alpha_1 \frac{\sqrt{1-\alpha^2} + 2ab}{1+2a} \quad 0 \leq \alpha \leq \alpha_1, \tag{8.7}$$

35.13330.2011

α_1 — , 8.16, — 1,15, — 1,25;

$$\tau_m = \frac{Q}{h_w t_w} \text{ — ;}$$

$$\alpha = \frac{Q}{Q_u}; a = \frac{\Sigma A_f}{\Sigma A_w}; b = \sqrt{1 - 0,25\alpha^2} \text{ — ;}$$

$$b = \sqrt{1 - 0,0625\alpha^2} \text{ — ,}$$

$$Q_u = \alpha_2 \frac{R_s m l t}{S}, \tag{8.8}$$

$$\alpha_2 \tag{8.27}.$$

8.16

$A_{f,min}$	α_1										
A_w	$(A_{f,min} + A_w)/A,$										
	0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	1,243	1,248	1,253	1,258	1,264	1,269	1,274	1,279	1,283	1,267	1,243
0,1	1,187	1,191	1,195	1,199	1,202	1,206	1,209	1,212	1,214	1,160	—
0,2	1,152	1,155	1,158	1,162	1,165	1,168	1,170	1,172	1,150	—	—
0,3	1,128	1,131	1,133	1,136	1,139	1,142	1,144	1,145	1,097	—	—
0,4	1,110	1,113	1,115	1,118	1,120	1,123	1,125	1,126	1,069	—	—
0,5	1,097	1,099	1,102	1,104	1,106	1,109	1,110	1,106	1,061	—	—
0,6	1,087	1,089	1,091	1,093	1,095	1,097	1,099	1,079	—	—	—
0,7	1,078	1,080	1,082	1,084	1,086	1,088	1,090	1,055	—	—	—
0,8	1,071	1,073	1,075	1,077	1,079	1,081	1,082	1,044	—	~	—
0,9	1,065	1,067	1,069	1,071	1,073	1,074	1,076	1,036	—	—	—
1,0	1,060	1,062	1,064	1,066	1,067	1,069	1,071	1,031	—	—	—
2,0	1,035	1,036	1,037	1,038	1,039	1,040	1,019	—	—	—	—
3,0	1,024	1,025	1,026	1,027	1,028	1,029	1,017	—	—	—	—
4,0	1,019	1,019	1,020	1,021	1,021	1,022	1,015	—	—	—	—
5,0	1,015	1,015	1,016	1,017	1,018	1,018	—	—	—	—	—

1 A_w
2 $A_{f,min} = 0.$

$$b_{ef} \quad W_n$$

$$b_{ef} = \Sigma v b_i, \tag{8.9}$$

v —

b_i

$b_{ef},$

8.17;

b_i —

$b_{max} (\quad b_i = b)$

$b_i = b_k,$

$$b \geq 0,04l \quad b_k \geq 0,02l (\quad v = 1);$$

l —

8.17

min / max	v	min / max	v
1,0	1	0,25	0,65
0,7	1	0,20	0,60
0,5	0,85	0,10	0,52
0,33	0,72	0	0,43

8.27

$$\frac{|M_x|}{x W_{xn}} \psi_x + \frac{|M_y|}{y W_{yn}} \psi_y \leq R_y m; \tag{8.10}$$

$$\frac{M_x y}{x I_{xn}} \pm \frac{M_y x}{y I_{yn}} \leq R_y m, \tag{8.11}$$

α, α —

$$\tag{8.6} \tag{8.7}$$

ψ, ψ —

$$\psi_x = \frac{|M_x|}{x W_{xn} R_y m}; \tag{8.12} \quad \psi_y = 1; \tag{8.13}$$

$$\psi_x = \frac{(\omega_x + 0,7)^2}{3,38 \omega_x}; \tag{8.14} \quad \psi_y = \frac{(\omega_y + 0,7)^2}{3,38 \omega_y}, \tag{8.15}$$

$$\omega_x = \frac{|M_x|}{x W_{xn} R_y m}; \tag{8.16} \quad \omega_y = \frac{|M_y|}{y W_{yn} R_y m}. \tag{8.17}$$

8.28

$$\frac{N}{A_n} \psi + \frac{|M|}{W_n} \leq R_y m, \tag{8.18}$$

—

ψ —

æ — , (8.6) (8.7). λ > 60 ,

$$M = \frac{M_1}{1 + \frac{N}{N_e}}, \quad (8.19)$$

1 — , ;
N — ,
N — (« » —);

λ ≤ 60 = 1.
ψ :

8.18 — , (8.19 — ;
f,min)

$$\psi = \frac{|N|}{A_n R_y m}; \quad (8.20)$$

$$\psi = \frac{1}{\omega} \left(1 - \cos \omega \frac{\pi}{2} \right), \quad (8.21)$$

$$\omega = \frac{|N|}{A_n R_y m}.$$

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_y}{I_{xn}} \leq R_y m. \quad (8.22)$$

8.29 (8.20) — (8.22) , (8.18).

$$\frac{1}{\delta} \left(\frac{N}{A_n} \psi + \frac{|M_x|}{x W_{xn}} \right) \leq R_y m, \quad (8.23)$$

$$\delta = 1 - \frac{|M_y|}{y W_{yn} R_y m}, \quad (8.24)$$

8.28;
 8.28 8.26,

$$\omega = \frac{N}{\delta A_n R_y m};$$

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{I_{xn}} y \pm \frac{M_y}{I_{yn}} x \leq R_y m. \tag{8.25}$$

8.30 (8.25), $\alpha = \alpha = 1.$

$$= = = 0$$

$$\tau = \frac{QS}{2It} \leq R_s m, \tag{8.26}$$

$$\alpha_2 = 1,25 - 0,25 \tau_{\min,ef} / \tau_{\max,ef}; \tag{8.27}$$

$\tau_{\min,ef}, \tau_{\max,ef}$ —

(8.26)

$$t_{ef} = t \frac{a-d}{a}, \tag{8.28}$$

8.31 ; d — 8.26 — 8.29,

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq \gamma' R_y m; \quad \tau_{xy} \leq R_s m, \tag{8.29}$$

σ — () ;

σ — ;

γ' — , 1,15 $\sigma = 0$ 1,10 $\sigma \neq 0$;

8.32 τ — .

($\alpha > 1$)

$$\sqrt{(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})^2 + 3(\tau_1 - \tau_2)^2} \leq 1,8 R_y m, \tag{8.30}$$

$\sigma_{\min}, \sigma_{\max}$ — ()

τ_1, τ_2 — () , $\sigma_{\min}, \sigma_{\max}$.

Таблица 8.18

		Значения коэффициента ψ при ω														
		0,05		0,2		0,4		0,6		0,8		0,95				
$A_{f,\min}$	$A_{f,\max}$	При $A_{f,\max}/A_{f,\min}$														
		0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,5	0,53	0,55	0,57	0,63	0,68	0,78	0,77	0,85	0,92	0,89	0,96	0,93	0,96	0,98	0,99	0,997
1	0,067	0,09	0,14	0,26	0,36	0,56	0,53	0,70	0,83	0,78	0,93	0,87	0,92	0,95	0,98	0,994

Примечания
1 $\omega = N/(A_n R_y m)$.
2 Силу N следует принимать со знаком «плюс».
3 Промежуточные значения коэффициента ψ определяются линейной интерполяцией.

Таблица 8.19

		Значения коэффициента ψ при ω														
		-0,05		-0,2		-0,4		-0,6		-0,8		-0,95				
$A_{f,\min}$	$A_{f,\max}$	При $A_{f,\max}/A_{f,\min}$														
		0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2	0,5	1	2
0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,6	0,6	0,6	0,2	0,2	0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,6	-0,6	-0,9
0,5	0,42	0,40	0,38	0,17	0,12	0,02	-0,17	-0,25	-0,32	-0,49	-0,53	-0,56	-0,76	-0,78	-0,94	-0,95
1	-0,07	-0,09	-0,14	-0,27	-0,36	-0,56	-0,53	-0,70	-0,83	-0,78	-0,93	-0,87	-0,92	-0,95	-0,98	-0,99

Примечания
1 $\omega = N/(A_n R_y m)$.
2 Силу N следует принимать со знаком «минус».
3 Промежуточные значения коэффициента ψ определяются линейной интерполяцией.

8.33

$$\frac{N}{A} \leq R_{dh} m m_1, \tag{8.31}$$

R_{dh} —
 m —
 m_1 —

8.15;

$$R_{dh} \tag{8.3},$$

$$R_{dh} = \frac{[\Sigma P_{un}]}{A \gamma_m} \quad R_{dh} = k \frac{\Sigma P_{un}}{A \gamma_m}, \tag{8.32}$$

$[\Sigma P_{un}]$ —

$\gamma_m = 1,6$ 8.17;

ΣP_{un} —
 k —

8.20.

8.20

	k					
	6	8	10	12	14	16
	0,89	0,93	0,96	0,97	0,98	0,99
	0,87	0,91	0,94	0,95	0,96	0,97

8.34

$\varepsilon_{pl,x}$

$$\varepsilon_{pl,x} = \frac{0,001 \sigma}{R_{un}} e^{2 \left(\frac{\sigma}{R_{un}} \right)^{2,4}}, \tag{8.33}$$

σ —

1/3

$$R_{un} = \frac{[\Sigma P_{un}]}{A}$$

8.35

$\varepsilon_{pl,y}$

8.34,

$$\varepsilon_{pl,y} = \frac{0,003 \sigma}{R_{un}} e^{2,19 \frac{\sigma}{R_{un}}}. \tag{8.34}$$

8.36

$$\frac{N}{A} \leq \varphi R_y m, \tag{8.35}$$

φ — коэффициент, зависящий от соотношения λ и e_{ef} ; λ — коэффициент гибкости, зависящий от соотношения l_{ef} и i .

m — коэффициент, зависящий от соотношения l_{ef} и i . Значения m определяются по формулам 8.38 — 8.41 — 8.15.

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}, \tag{8.36}$$

l_{ef} — эффективная длина стержня; i — радиус инерции стержня. Значения l_{ef} определяются по формулам 8.37 — 8.41 — 8.15.

$$e_{ef} = \eta e_{rel}, \tag{8.37}$$

η — коэффициент, зависящий от соотношения e_{rel} и N ; $e_{rel} = e/\rho$ — относительная эксцентриситетность стержня; N — нормальная сила в стержне.

ρ — радиус инерции стержня.

$$e = \frac{M}{N}, \tag{8.38}$$

N — нормальная сила в стержне; M — изгибающий момент в стержне; ρ — радиус инерции стержня.

$$\rho = \frac{W_c}{A}, \tag{8.39}$$

W_c — момент инерции стержня; A — площадь поперечного сечения стержня.

8.21.

e_{ef} e_{ef1} m_{ef} m_{ef1} 16.13330,

$$e_{ef1} = \eta \frac{M_1}{N} \cdot \frac{A}{W_c}, \quad (8.40)$$

8.21

e_{rel}	8.21:	
	$\bar{\lambda} < 4$	$\bar{\lambda} \geq 4$
$e_{rel} \leq 3$	$M = M_2 = M_{max} - \frac{\bar{\lambda}}{4}(M_{max} - M_1)$	$M = M_1$
$3 < e_{rel} \leq 20$	$M = M_2 + \frac{e_{rel} - 3}{17}(M_{max} - M_2)$	$M = M_1 + \frac{e_{rel} - 3}{17}(M_{max} - M_1)$
<p>M_{max} — ; M_1 — ; e_{rel} — ; $\bar{\lambda}$ — ; α_R — ; $0,5M_{max}$.</p> $e_{rel} = \frac{M_{max} A}{N W_c};$ $\bar{\lambda} = \alpha_R \cdot \sqrt{0,5 M_{max}}$		

8.37

() (8.35);

() (8.35)

φ λ_{ef} λ_α i (8.36) $0,8$

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + \lambda_\alpha^2}, \quad (8.41)$$

λ —
 λ_α —

$$t_{ef} = \frac{t(A - \Sigma A_1)}{A}, \quad (8.42)$$

t_{ef} ,
 b ,
 l :
 t —
 $= bl$ —
 ΣA_1 —

$$t_{ef} = \frac{t \Sigma l_1}{l}, \quad (8.43)$$

Σl_1 —
 l —

() ;
 ;
 ;
 ;
 () ;
 :
 — 40i;
 — 80i.
 i

8.38 -

$$\frac{N}{A} \leq \varphi_c R_y m, \quad (8.44)$$

φ_c —

$e_{ef} = 0$

$$\lambda_y = \pi \sqrt{\frac{EA}{N_{cr}}}. \quad (8.45)$$

8.39 -

$I_x > I_y$,

$$\left| \frac{N}{A} \right| + \left| \frac{Ne}{W_c} \right| \leq \varphi_c R_y m, \quad (8.46)$$

—
 N
 $= /N$;

W_c — ;
 φ_c — ;

$e_{ef} = 0$, .1 — .3

$$\lambda_y = \pi \sqrt{\frac{EA}{N_{cr} \left(1 + \frac{eA}{W_c} \right)}} \quad (8.47)$$

8.40

$$\left| \frac{N}{A} + \frac{Ne_y}{I_x} y_c + \frac{Ne_x}{I_y} x_c \right| \leq \varphi_c R_y m, \quad (8.48)$$

y, x — ;
 c, c — ;
 y — N ; x — ;
 φ_c — .1 — .3

$e_{ef} = 0$,

$$\lambda = \pi \sqrt{\frac{EA}{N_{cr} \left(1 + \frac{e_y A}{I_x} y_c + \frac{e_x A}{I_y} x_c \right)}} \quad (8.49)$$

8.41

(8.35) $e_y (x = 0)$
 $x (y = 0)$.

$$\frac{M}{W_c} \leq \varepsilon \varphi_b R_y m, \quad (8.50)$$

l_{ef} ;
 W_c — ;
 ε — ;

$$\varepsilon = 1 + (\alpha - 1)(1 - \lambda_y / 85) \quad \lambda_y < 85; \quad (8.51)$$

$$\varepsilon = 1,0 \quad \lambda_y \geq 85, \quad (8.52)$$

α — ; (8.6) (8.7);
 φ_b — .1 — .3

$e_{ef} = 0$,

$$\lambda_y = \pi \sqrt{\frac{EW_c}{M_{cr}}} \quad (8.53)$$

8.42

(8.50),

φ_b

.1 — .3

$$e_{ef} = \eta e_{rel.}$$

η —
 e_{rel} —

$$e_{rel} = \frac{\sigma_{fh}}{\sigma_{fv}}, \quad (8.54)$$

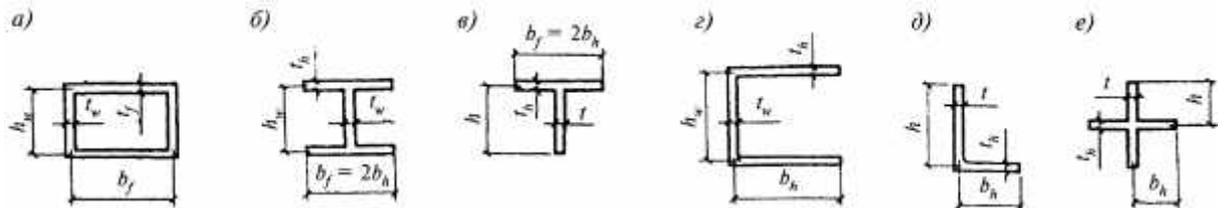
σ_{fh} —

$\sigma_{f\epsilon}$ —

8.43

8.44

(8.1),



8.1 —

8.45

(t, t_w, t_f, t_h)

$$0,951 \alpha / \sqrt{\sigma_{x,cr,ef} / E} \quad (\alpha —$$

$0,2\sigma$,

(h, h_w)

(b_f, b_h)

$\sigma_{cr,ef}$ —

α

$b_h, h,$

(8.1, —), —

$$\alpha = \left(1 + \frac{3,10}{39 + 4} \right) \sqrt{0,405 + 0,085 \xi^2}; \quad (8.55)$$

$h_w, b_f,$

(8.1, , ,), —

$$\alpha = \left(1 + \frac{0,96}{109 + 3} \right) \sqrt{4 + 3,85 \xi^{2,33}}. \quad (8.56)$$

(8.55) (8.56):

ϑ —

ξ —

8.22;

$$\xi = 1 - \frac{\bar{\sigma}_x}{\sigma_x}, \tag{8.57}$$

$\sigma_x, \bar{\sigma}_x$ —

$$(8.4) \text{ — } (8.25)$$

$\alpha, \alpha, \alpha,$

ψ, ψ, ψ

1,0.

8.22

		9		
		b_h/h		
		1	0,667	0,5
(4.1,)	$\vartheta_1 = \beta_1^3 \frac{0,38}{1 - \beta_1^2 \alpha_1^2}$	$\vartheta_2 = \frac{1}{\beta_1^3} \cdot \frac{0,38}{1 - \frac{1}{\beta_1^2 \alpha_1^2}}$		
(4.1,)	$\vartheta_3 = \beta_2^3 \frac{0,16 + 0,0056 / \alpha_2^2}{1 - 9,4\beta_2^2 \alpha_2^2}$	$\vartheta_4 = \frac{1}{\beta_2^3 \alpha_2} \cdot \frac{2}{1 - 0,106 \frac{1}{\beta_2^2 \alpha_2^2}}$		
(4.1,)	$\vartheta_5 = \beta_3^3 \frac{1}{1 - \beta_3^2 \alpha_3^2}$	$\vartheta_6 = \frac{1}{\beta_3^3 \alpha_3} \cdot \frac{2}{1 - \frac{1}{\beta_3^2 \alpha_3^2}}$		
(4.1,)	$\vartheta_7 = 2\vartheta_3$	$\vartheta_8 = 0,5\vartheta_4$		
(4.1,)	h	$\vartheta_9 = \infty$	$\vartheta_9 = 10$	$\vartheta_9 = 5,2$
(4.1,)		$\vartheta_{10} = \infty$		
8.22: $\beta_1 = \frac{t_w}{t_f}; \alpha_1 = \frac{b_f}{h_w}; \beta_2 = \frac{t_w}{t_h}; \alpha_2 = \frac{b_h}{h_w}; \beta_3 = \frac{t}{t_h}; \alpha_3 = \frac{b_h}{h}.$				
1	$\vartheta = \infty.$	8.22,		
2	$b_h/h = 1$	ϑ_9	8.22,	ϑ_9
			100.	

$\sigma_{x,cr,ef}$

8.23

$\sigma_{x,cr,ef}$

$\sigma / m (m -$

8.15).

8.23

	$\sigma_{x,cr}$	$\sigma_{x,cr,ef}$
	176	1,111 $\sigma_{x,cr}$
235	176 205	$\left(1,868 \cdot 10^{-3} - 2,420 \cdot 10^{-3} \sqrt{1 - 1000 \frac{\sigma_{x,cr}}{E}} \right) E$
	205	385

8.23

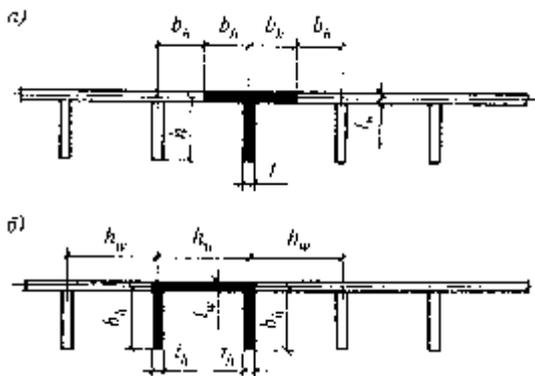
	$\sigma_{x,cr}$	$\sigma_{x,cr,ef}$
325– 345	186	$1,111 \sigma_{x,cr}$
	186 284	$\left(2,544 \cdot 10^{-3} - 2,620 \cdot 10^{-3} \sqrt{1 - 724 \frac{\sigma_{x,cr}}{E}} \right) E$
	284	524
390	206	$1,111 \sigma_{x,cr}$
	206 343	$\left(2,868 \cdot 10^{-3} - 2,778 \cdot 10^{-3} \sqrt{1 - 600 \frac{\sigma_{x,cr}}{E}} \right) E$
	343	591

8.46

8.47

(8.55) $0,5h_w$ $\xi_{2th} \geq h_w$ ξ_{1th} $\xi_{2th} < h_w$; α b_h (8.2,

α (8.56) h_w , b_h , ζ_1 ζ_2 — (8.55.



8.2 —

8.48 l_{ef} , 8.24.

8.24

	l_{ef}		
		*	
1 2 ()	l l_1	l l_1	$0,8l$ l_1
8.24: l — () ; l_1 — , *			

8.49 N_1 N_2 ($N_1 > N_2$), ()
 $l_{ef} = l_1 \left(0,75 + 0,25 \frac{N_2}{N_1} \right)$, (8.58)

l_1 — , N_1 .
 (8.58) « », $l_{ef} \geq 0,5 l_1$.
 N_2

8.50 l_{ef}
 : — $0,8 l$, l —
 ;
 : — 8.25;

($l_{ef} = l_1$, l_1 . 8.24).

8.25

	l_{ef}		
	l	$0,7 l_1$	l_1
:	$0,7 l_1$	l_1	$1,4 l_1$
	$0,7 l_1$	—	—

8.51

: — ;
 — ;
 ,

100;

8.52

l_{ef}

« »

$$l_{ef} = \mu l, \tag{8.59}$$

l —

μ —

μ

8.26,

δ

8.26

ξ	μ	ξ	μ
0	0,696	150	0,268
5	0,524	200	0,246
10	0,443	300	0,225
15	0,396	500	0,204
30	0,353	1000	0,174
60	0,321	. 1000	$0,1744\sqrt{\frac{1000}{\xi}}$
100	0,290		

8.26:

$$\xi = \frac{l^4}{16d\delta EI_m},$$

d — ;
 I_m — () ; $F = 1$;

1 8.26 $l_{ef} < 1,3d,$

8.53

l_{ef}

$$l_{ef} = \pi \sqrt{\frac{8\alpha}{\zeta}} l, \tag{8.60}$$

$\alpha = f/l$ — ;
 ζ — (f —);
 8.27.

$\pm 10\%$
 8.27,
 .4

$$\frac{EI_{bog}}{l_{ef}}$$

8.27

1	*	$= 2 l_1$
2		$= 2 l_1 + l_2$
3		$= l_1 = l_2$
4		$= l_1 + (0,95 + 0,7 l_2^2) l_2$
8.27: 1, 2 — (8.60); 8.28; $\beta = \frac{EI_{bal}}{EI_{bog}}$ I_{bal} I_{bog} — * 0,8,		

8.28

	1	2		1	2
0,1	28,5	22,5	0,5	36,8	44,0
0,2	45,4	39,6	0,6	30,5	—
0,3	46,5	47,3	0,8	20,0	—
0,4	43,9	49,2	1,0	14,1	—
— 1 2					

8.54

$$l_{ef}$$

— l_2 ;
 — l_3 ;
 l_{ef} — ;
 ;

8.25, l_3 ;
 l_1 — l_3 .
 $l_{ef} = 0,6l$.
 $(i = i_{min})$.
 8.55 l_{ef}

$$l_{ef} = \mu l_c, \tag{8.61}$$

μ — ;
 l_c — ;

$$\mu = \sqrt{\frac{n+0,56}{n+0,14}}, \tag{8.62}$$

$$n = \frac{l_c \cdot I_r}{I_c \cdot l_r},$$

I_c — ;
 I_r, l_r — ; « »
 $n = 0$.
 8.62)

$b_1 = \zeta_1 t$ (t —
 8.29).
 8.30

	1
235	14
325– 345	12
390	11,5

	2
235	44
325– 345	38
390	36

ζ_2 — ,
 8.30) $b_2 = \zeta_2 t$ (

$$b_1 = \zeta_1 t, \quad \zeta_1 \tag{8.29}$$

8.56.

8.31.

8.31

	100	120
	150	150
	130	150
	130	180
	130	150
	150	150
	100	100
	40	40
	50	50

8.57
()

$$\sigma_{\max,ef} \leq \gamma_w R_y m ; \tag{8.63}$$

$$\tau_{\max,ef} \leq 0,75 \gamma_w R_y m , \tag{8.64}$$

$\sigma_{\max,ef}$ — (—) ;

$\tau_{\max,ef}$ — () ;

γ_w — ; 8.15.

8.32 $\sigma_{\max,ef}$ $\tau_{\max,ef}$ (8.85) — (8.96) , 6.1 — 6.3.

$$\gamma_w = \frac{1}{\zeta q [(\alpha\beta \pm \delta) - (\alpha\beta \mp \delta)\rho]} \leq 1, \tag{8.65}$$

ζ — , 1,0 ; 0,7 —

q — , λ

α, δ — σ_{\max} ; ;

β — ,

ρ — .1 ;

ρ — .

ρ

:

$$\rho = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}; \tag{8.66}$$

$$\rho = \frac{\tau_{\min}}{\tau_{\max}}, \tag{8.67}$$

$\sigma_{\max}, \sigma_{\min}, \tau_{\max}, \tau_{\min}$ —

, $\sigma_{\max,ef}, \tau_{\max,ef}$;

$$\alpha_3 = 1,0.$$

8.32

	<i>max, ef</i>
	$\frac{N}{A_n}$
	$\frac{M}{3W_n}$
	$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M}{3W_n}$
	$\frac{M_{xy}}{3I_{x,n}} \pm \frac{M_{yx}}{3I_{y,n}}$
	$\frac{N}{A_n} \pm \left(\frac{M_{xy}}{3I_{x,n}} \pm \frac{M_{yx}}{3I_{y,n}} \right)$
8.32:	8.28;
1,05.	
8.32	

(8.65)

(8.63), $\sigma_{\max} > 0,$
 $\alpha \delta$

(8.64).

8.33.

8.33

235	0,64	0,20
325— 345	0,72	0,24
390	0,81	0,20

γ_w

$\alpha \delta,$

9

:

$$\begin{aligned} \lambda \geq 22 & \quad \vartheta = 1; \\ \lambda < 22 & \quad \vartheta = v - \xi\lambda, \end{aligned} \tag{8.68}$$

8.34 $v \quad \xi$ 8.34.

	235		325– 390	
	1,0	1,45	0,0205	1,65	0,0295
1,1	1,48	0,0218	1,69	0,0315
1,2	1,51	0,0232	1,74	0,0335
1,3	1,54	0,0245	1,79	0,0355
1,4	1,57	0,0258	1,83	0,0375
1,5	1,60	0,0271	1,87	0,0395
1,6	1,63	0,0285	1,91	0,0415
1,7	1,66	0,0298	1,96	0,0436
1,8	1,69	0,0311	2,00	0,0455
1,9	1,71	0,0325	2,04	0,0475
2,0	1,74	0,0338	2,09	0,0495
2,2	1,80	0,0364	2,18	0,0536
2,3	1,83	0,0377	2,23	0,0556
2,4	1,86	0,0390	2,27	0,0576
2,5	1,89	0,0404	2,31	0,0596
2,6	1,92	0,0417	2,36	0,0616
2,7	1,95	0,0430	2,40	0,0636
3,1	2,07	0,0483	2,57	0,0716
3,2	2,10	0,0496	2,62	0,0737
3,4	2,15	0,0523	2,71	0,0777
3,5	—	—	2,75	0,0797
3,7	—	—	2,84	0,0837
4,4	—	—	3,15	0,0977

8.58

$$\sigma_{\max} \leq m_1 \gamma_{ws} R_{dh} m, \tag{8.69}$$

m_1 —

— 0,83;

, — 1,0;

R_{dh} —

8.33;

γ_{ws} —

$$\gamma_{ws} = \frac{0,15}{\zeta \vartheta [(0,884\beta_s - 0,387) - (0,884\beta_s - 0,455)\rho]} \leq 1, \tag{8.70}$$

ζ, ϑ, ρ —

8.57;

35.13330.2011

β_s —

m —

.2

8.15.

8.59

1/15

20 %.

(8.22)

8.60

0,6

8.61

8.62

3 %

8.63

8.64

8.65

8.22.

0,2

8.66

1000

8.67

(8.4) — (8.25),

8.68

$\alpha, \alpha, \alpha, \psi, \psi, \psi$ 1,0.

$$E_{ef} = \frac{E}{1 + \frac{E\rho^2 g^2 l^2 A^3}{24} \cdot \frac{S_1 + S_2}{S_1^2 S_2^2}}, \quad (8.71)$$

8.13 8.14;

35.13330.2011

ρ —
 g —
 l —
—
 S_1, S_2 —

8.69

8.70

1,0) —

8.19,

6

8.71

8.72

8.73

(8.17), , (8.10) —
20 %.

8.74 (« »)

8.75 , ,
0,6
8.74.

8.76 , () ,
—) , ,
:

$$M_{st} = \frac{Fa(B-a)}{B} \cdot \frac{1}{1 + \frac{H}{2B} \cdot \frac{I_{bal}}{I_c + I_t \frac{G}{E} \cdot \frac{H}{2l_m}}}; \quad (8.72)$$

$$M_c = M_{st} \frac{I_c}{I_c + I_t \frac{G}{E} \cdot \frac{H}{2l_m}}; \quad (8.73)$$

— ,
cl = -0,5 c. (8.74)
(8.72) (8.73):
F — ;
— ;

— ;
 l_m — ();
 — ;
 I_{bal} — ;
 I_c — ,
 ;
 I_t — ,

8.77

2 % ,
 8.78 , , ().

8.79

8.71,

$$N_d = A_d (\sigma_f \cos^2 \alpha + \sigma_{mf} \sin^2 \alpha); \quad (8.75)$$

$$N_d = \frac{\sigma_f A_d \cos^2 \alpha}{1 + 2 \frac{A_d}{A_c} \sin^3 \alpha}; \quad (8.76)$$

$$N_d = \frac{\sigma_f A_d \cos^2 \alpha}{1 + 2 \frac{A_d}{A_c} \sin^3 \alpha + \frac{A_d}{48I} B^2 \cos^3 \alpha}; \quad (8.77)$$

$$N_d = \frac{\sigma_f A_d \cos^2 \alpha}{1 + 2 \frac{A_d}{A_c} \sin^3 \alpha + \frac{A_d}{12I} B^2 \cos^3 \alpha}; \quad (8.78)$$

$$N_c = (N_{d,lin} + N_{d,rec}) \sin \alpha. \quad (8.79)$$

(8.75) — (8.79):

N_d, N_c — ;
 $N_{d,lin}, N_{d,rec}$ — ;
 σ_f — ;
 σ_{mf} — ()

A_d, A_c — ;

(8.75) — (8.78) = ∞;

I — ;
 α — .

(8.75) — (8.78)

σ_f σ_w ,

(8.75) σ_{mf} , σ_{mw} , σ_{mf} .

8.80

8.81

$$M_f = \frac{N_c l_m}{4}, \tag{8.80}$$

N_c — ;
 l_m — .

8.82

8.15 8.36.

[10].

22

177

8.83

t_{\min} —
 $t_{w,\min}$ —
 k_f —
 β_f, β_z —

$t_f = \beta_f k_f$
 $t_z = \beta_z k_f$

$t_w = t_{\min}$;
 $t_w = t_{w,\min}$;

8.35.

8.35

d		k_f				
		3—8	9—12	14—16	18	
$d = 2—5$		β_f	1,1			0,8
		β_z	1,15			1,0
		β_f	1,1	0,9		0,8
		β_z	1,15	1,05		1,0
$d = 1,4—2$		β_f	1,0		0,9	0,8
		β_z	1,1			1,0
		β_f	1,0	0,85	0,8	
		β_z	1,05	1,0		
$d = 1,2—2$		β_f	0,95		0,85	0,75
		β_z	1,05		1,0	
		β_f	0,9	0,8	0,7	
		β_z	1,0			
		β_f	0,8		0,7	
		β_z	1,0			
$d = 1,2—2$		β_f	0,7			
		β_z	1,0			

[2] [3].

8.84

$R_{wy} < R_y$ (R_{wy}

$$l_w < b \quad (8.81)$$

$$t_{w,min} < t; \quad (8.82)$$

$$A_{w,n} < A, \quad (8.83)$$

l_w — ;
 b, t — ;
 $A_{w,n}$ — (,) ;
 8.85 () .

$$\frac{N}{t_w l_w} \leq R_{wy} m, \quad (8.84)$$

m — , 8.15.

(8.5) — (8.25),

$\alpha, \alpha, \alpha, \psi, \psi, \psi$
 8.84,

$$R_{ym} \quad R_{sm} \quad R_{wym} \quad R_{wsm}. \quad (8.86)$$

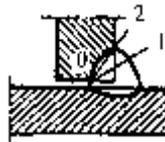
(0—1) () (8.3):

$$\tau = \frac{N}{t_f l_w} \leq R_{wf} m; \quad (8.85)$$

(0—2)

$$\tau = \frac{N}{t_z l_w} \leq R_{wz} m, \quad (8.86)$$

l_w — ;
 t_f, t_z — ;
 m — , 8.15.



8.3 —

8.87

(8.4,),

:

$$\tau = \frac{M}{W_f} \leq R_{wf} m; \quad (8.87)$$

$$\tau = \frac{M}{W_z} \leq R_{wz} m. \tag{8.88}$$

(8.87) (8.88):

W_f — ;
 W_z — , .
 8.88

(8.4,)

:

$$\tau = \frac{M}{I_{fx} + I_{fy}} \sqrt{x^2 + y^2} \leq R_{wf} m; \tag{8.89}$$

$$\tau = \frac{M}{I_{zx} + I_{zy}} \sqrt{x^2 + y^2} \leq R_{wz} m, \tag{8.90}$$

I_{fx}, I_{fy} —

;

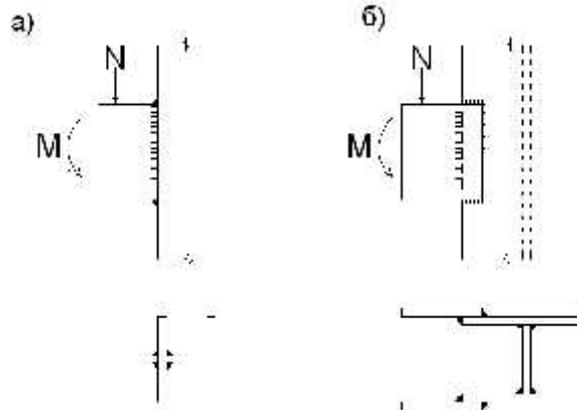
I_{zx}, I_{zy} —

,

;

, —

,



— 8.4 — ; —

8.89

(8.29),

$$: \sigma_x = \sigma_{wx} \quad \sigma_y = \sigma_{wy} —$$

;

$$\tau_{xy} = \tau_{wxy} —$$

8.90

$$; R_y = R_{wy}.$$

:

$$\tau_f \leq R_{wf} m; \tag{8.91}$$

$$\tau_z \leq R_{wz} m, \tag{8.92}$$

τ_f, τ_z —

8.91

:

$$\tau = \frac{QS}{nt_f I} \leq R_{wf} m ; \tag{8.93}$$

$$\tau = \frac{QS}{nt_z I} \leq R_{wz} m , \tag{8.94}$$

n —

;

$$\tau = \frac{1}{nt_f} \sqrt{\left(\frac{QS}{I}\right)^2 + q^2} \leq R_{wf} m ; \tag{8.95}$$

$$\tau = \frac{1}{nt_z} \sqrt{\left(\frac{QS}{I}\right)^2 + q^2} \leq R_{wz} m , \tag{8.96}$$

q —

6.11 — 6.13

8.92

$$Q_{fic} = \frac{\pi W}{l} (R_{yn} - \varphi R_y) , \tag{8.97}$$

W —

(

);

l —

;

φ —

(8.97),

Q_1 ,

—

Q_{fi} ,

Q_i ,

$$Q_i = Q_1 \frac{t_i}{\sum_1^n t_i} , \tag{8.98}$$

t_i —

;

n —

8.93

$m = 0,8$ —

0,6;

$m = 0,9$ —

A€ /

0,6 0,8;

$m = 1,0$ —

A€ /

0,8.

A€

8.94

N_b ,

$$N_b = R_{bs}A_{bs}mm_b n_s; \tag{8.99}$$

$$N_b = R_{bp}d tmm_b; \tag{8.100}$$

$$N_b = R_{bt}A_{bn} mm_b, \tag{8.101}$$

R_{bs}, R_{bp}, R_{bt} —

d —

A_{bs} —

A_{bn} —

Σt —

n_s —

m_b —

8.36.

8.95 n

N ,

$$n \geq \frac{N}{m_b m N_{b, \min}}, \tag{8.102}$$

$N_{b, \min}$ —

(8.99) (8.100);

m_b, m —

8.36 8.15.

8.96

8.97

8.98

8.99

$$a \frac{QS}{I} \leq N_{b,\min} m; \tag{8.103}$$

$$a \sqrt{\left(\frac{QS}{I}\right)^2 + q^2} \leq N_{b,\min} m, \tag{8.104}$$

$N_{b,\min}$ — ;
 S — , 8.94;
 I — ;
 m — , 8.15;
 8.100 —

Q_{bh} ,
), (

$$Q_{bh} = \frac{P\mu}{\gamma_{bh}}, \tag{8.105}$$

μ — ; 8.12;
 γ_{bh} — , 8.12.

$$P = R_{bh} A_{bn} m_{bh}, \tag{8.106}$$

R_{bh} — ,
 (8.2);
 m_{bh} — , 0,95.
 8.101 n
 N ,

$$n \geq \frac{N}{m Q_{bh} n_s}, \tag{8.107}$$

m — , 8.15;
 Q_{bh} — , (8.105);
 n_s — .
 8.102

8.103 , 8.96 8.97.
 :

$$a \frac{QS}{I} \leq n_s Q_{bh} m; \tag{8.108}$$

$$a \sqrt{\left(\frac{QS}{I}\right)^2 + q^2} \leq n_s Q_{bh} m, \tag{8.109}$$

n_s — ;
 Q_{bh} — ;

(8.105);

8.99.

8.104

8.74;

8.36.

8.105

$m = 0,9$.

8.106

$$N = 0,675 t R_y m (0,212 \alpha_i + 1) l_i, \tag{8.110}$$

N — ;

t — ;

m — ,

l_i — i - ;

α_i — i -

($0 \leq \alpha_i \leq \pi/2$), .

8.15;

8.36

		m_b
:	,	0,85
:	,	0,9
:	,	0,9

8.36

		m_b
:		0,7
,		0,9
,		0,9

8.107

8.3.

8.108

$$P_0 = 0,9P,$$

P —

8.100.

8.109

Q_{fic} ,

$$Q_{fic} = \frac{\alpha N}{\varphi}, \tag{8.111}$$

N —

φ —

.1 — .3

α —

0,017;

λ —

$$= 0,024 e_{ef} - 0,00007\lambda,$$

Q_{fic} ,

(8.111).

Q

()
()

Q_{bl}

$$Q_{bl} = Q \frac{A_{bl,ef}}{A_{ef}}, \quad (8.112)$$

A_{ef} — 8.37; Σbt_{ef} ; b t_{ef}
 $A_{bl,ef}$ — $A_{bl} + 2t_v \zeta_1$ (A_{bl} — ; t_v — 8.55).
 ; ζ_1 — ,

Q

8.110 (, ,), ,

8.111 6.20 6.28,

52-101 [18]
 8.112

90°) (, $m = 0,7$) ,

$$\frac{F}{1,25rl} \leq R_{lp} m . \quad (8.113)$$

$$\frac{F_1}{2rl} \leq R_{cd} m . \quad (8.114)$$

(8.113) (8.114):

F — ;
 F_1 — ;
 r — ;
 l — ;
 m — , 8.15;
 R_{lp}, R_{cd} —

8.7.

, (,
),
 ;
 8.116 ,
 8.117 .
 2,00 . 1,70 ;
 — 1,70
 ()
 8.118 .
 8.119 ,
 ,
 8.120 ,
 ,
 8.121 — .
 8.122 .
 , 8.37. ,
 :
 , — 20; — 60;
 — 20;
 — 25.

8.37

1	3,5	2,5
2	4	4
3	10	10
4	12	10
5	12	12
6	10	8
7	8	8
8	4	4
9	20	20
10	14	14
11	12	12
12	6	6
13	100×100×10	100×100×10
14	100×100×12	100×100×12
15	80×80×8	80×80×8

8.123

8.124

8.125

t

)

ζ b
 :
 — 60;
 — 45;
 () — 20;
 , — 30.
 :
 :

—
 ,
 ;
 ;
)
 ;
 —

8.126
 , —
 0,4 t_f —
 0,6 t_f —
 8.127

t_f :
 ;
 $t_f \leq 24$ 0,5 t_f $t_f > 24$.

8.55,

8.128
 , —
 .

(, 60, 50 40) ,

1:8 , 1:4 —
 100 . , , ,

8.129 , , :
 8.114, 50 % — 10 ; () —
 1:4; — 1:8 1:4 —
 —) 1:2 ((

5)
 8.130 , , ,

200 ;

8.131

,
)
,
,
,
,
:
— (0,20 — 0,25) h_w ;
:
(0,40 — 0,50) h_w ; — (0,15 — 0,20) h_w ; —
 h_w
 b_h
 $h_w/30 + 40$, — $h_w/24 + 50$; t_s
 $2b_h\sqrt{R_y/E}$.

8.132

8.39 — (8.38)
,
;
30 .
50 .
8.133

8.168.

8.165.

8.38

μ	$I_s / (h_w t_w^3)$
0,75	0,80
0,62	1,44
0,50	2,8
0,40	4,6
0,33	6,6

8.38:

I_s — ;
 h_w — ;
 t_w — ;

$\mu = \frac{a}{h_w}$,
 a — .

8.39

h_1/h_w	I_{st}	I_{st}	
0,20	$(2,5 - 0,5 / h_w)^2 t_w^3 / h_w$	$1,5 h_w t_w^3$	$7 h_w t_w^3$
0,25	$(1,5 - 0,4 / h_w)^2 t_w^3 / h_w$	$1,5 h_w t_w^3$	$3,5 h_w t_w^3$
0,30	$1,5 h_w t_w^3$	—	—

8.39:

h_1 — ;
 h_w — ;
 I_{st} — ;
 t_w — .

— I_{st} h_1/h_w

8.168.

8.165.

8.132.

8.134

8.135

20 t_w —

10 t_w

5 t_w .

8.136

()

1:2 (

—

)

8.165.

8.137

8.138

8.139

8.140

8.141

8.142

35.13330.2011

8.143 (,)
,)
8.144 , .
(,) (,)
8.145 , .
, ,
8.146 , , .
, , ,
, 2.
8.147 .
, , 8.2, -
4 , ,
3 , , —
60
8.148 .
8.149 .
8.150 , .
, , 100 .
, , ,
4 , 16 , 5 ,
16 .
8.151 .
,

8.152

8.153

8.40.

8.154

8.41.

8.40

	22	24	27
	23—25	25—28	28—30
	23—28	25—30	28—33

8.155

; () .
 : — 3; — 2;
 — 5.
 ()
 (8.106)

8.156

$\frac{1}{4}$
 22 80 24
 90

8.41

1	:	2,5d*
---	---	-------

8.41

<p>) : **) : ,</p>	<p>7d 16t 160 24t 24t 16t</p>
<p>2 :) ,) ,</p>	<p>1,5d 8t 120</p>
<p>d— t— * **</p>	<p>8.41: ; 3,0d.</p>

8.157

8.158

8.159

50 %

8.160

50

8.161

140 %

8.162

100 %

8.163 50 . (, . .) ,

;

.

— , —

8.164 (15) -

; 40 %

8.165 , 200 , .

(8.166 60) ,

, , , ,

8.165.

, ;

8.167 1:2 (—) ,

, 8.142; , () .

, 60 . ,

35.13330.2011

8.168

1:2 (—)

8.169

8.168, 5)

8.170

(), (), (), (8.4) ()

20 .

8.171

8.172

(l_s) 0,75 , — 1,7 — 1,3 .

8.173

, — 4; , — 3; — 2.

8.174

()

8.128 8.164.

1:1.

(5)

1:2.

3, 15 10

44 38

60

8.175

(250)

70

8.164.

8.176

(15)

8.165 8.166.

32

1:4;

6

1:8

60)

().

8.177

35.13330.2011

8.178

14

t_{\min}

$$t_{\min} = a^3 \sqrt{\frac{\xi P}{E}}, \quad (8.115)$$

—
—

$\xi = 7,8$ 15,6 —

14
8.179

t_{\min}

400

8.180

8.181

8.182

8.183

(, .1, .17, ,).

8.184

8.185

8.186

25

(—)

8.187

, 15

5.40,

8.188

8.189

9

9.1

9.2

9.3

5 — 8.

9.4 , , , 8 .

9.5 $n_b = E_{st} / E_b$, $E_{st} = 2,06 \cdot 10^5$ — , $E_b -$

9.6 , 7.32. 9.1. , .

9.1

						-	-
						-	-
						-	(
						-	-
						-	-
						-)
	<i>kr, us</i>	<i>vkr, us</i>	<i>kr, us</i>	<i>kr, us</i>	<i>kr, us</i>	—	<i>kr, us</i>
	<i>cr, pl</i>	<i>vkr, us</i>	<i>cr</i>	<i>wud</i>	<i>cr</i>	<i>wud</i>	<i>wud</i>
	<i>cr, pl</i>	—	—	<i>wud</i>	<i>cr</i>	—	—
	<i>pl</i>	—	—	—	—	<i>wud</i>	—
	<i>wud</i>	—	—	<i>wud</i>	<i>cr</i>	—	<i>wud</i>
9.1:							
<i>kr</i> —	;						
<i>us</i> —	;						
<i>vkr</i> —	;						
<i>cr</i> —	(
<i>pl</i> —	(
);						
<i>wud</i> —	;						
(—)	.						

9.7

$$0,2 R_b, \quad R_b —$$

7.24.

$$E_b I_b.$$

$$E_b I_b \leq 0,2 E_{st} I_s; \quad E_{st} I_s —$$

9.8

9.9

$$2 \cdot 10^{-4}$$

$$1 \cdot 10^{-4}$$

ε_{shr}

9.10

$$E_{ef,shr} = 0,5 E_b.$$

$t_{n,max}$

) (9.1,):

30° , — 30° ;

, — 15° ;

, — 15° ;

)

, — 15° ;

10° ;

)

, — 20° ;

, — 15° ;

)

()

, , -20° .

:
« » —

(9.1,) *i*-

$$t_{ni} = t_{n,max} v_{ii} = t_{n,max} \sqrt{3,91 \frac{Z_{b1,i}}{h_w} - 3,82 \left(\frac{Z_{b1,i}}{h_w} \right)^2}, \quad (9.1)$$

$Z_{b1,i}, h_w$ — 9.1, , ;

« » « » —

;

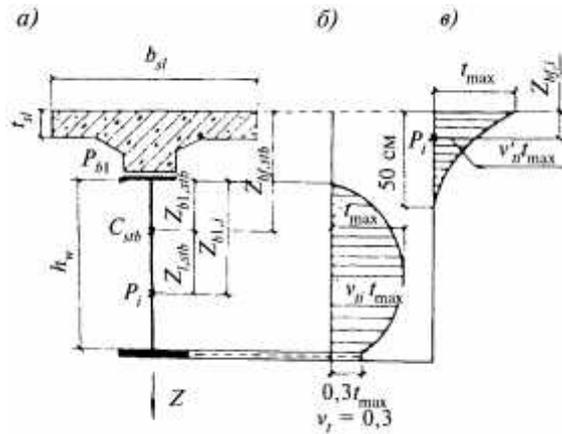
« » —

9.1, , *i*-

$$t_{ni} = t_{n,max} v'_{ii} = t_{n,max} \left(\frac{Z_{bf,i}}{50} - 1 \right)^2, \quad (9.2)$$

$Z_{bf,i}$ — 9.1, , .

9.1, .



— ; —

9.1 —

9.11

9.12

7.95.

$$E_r A_r / \psi_{cr}; \quad E_r, A_r \text{ —}$$

$$, \psi_{cr} \text{ —}$$

9.2.

9.2

	ψ_{cr}		
	1,00	1,00	0,70
	1,00	0,75	0,50

9.13

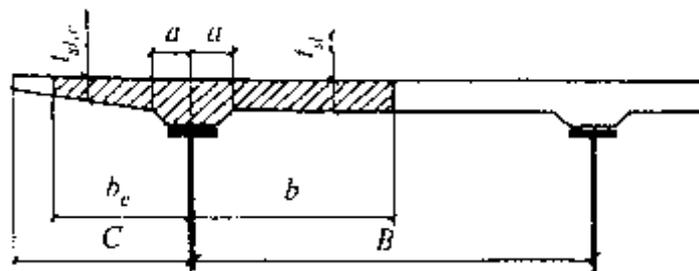
9.14

9.15

b_{sl}

(9.2).

9.3.



9.2 —

9.3

	l	
b	$\frac{.4}{4}$	$\frac{/2}{/2} a + 6t_{sl}, \quad l/8$

9.3

b_c	l	C $a + 6t_{sl,c}$ C $l/12$
<p>9.3:</p> <p>— ; —</p> <p>$t_{sl}, t_{sl,c}$ — ; (</p> <p>);</p> <p>l — ;</p> <p>— ;</p> <p>— ;</p> <p>— ;</p> <p>— (. 9.2);</p> <p>— (. 9.2).</p>		

9.16 b , —

t_{sl}

n_b 9.5.

7.19. E_{rs} $n_r = E_{st} / E_r$, E_r —

E_{rp} ,

9.17 .

8.24.

9.18

8.41, 8.42 8.51.

7.

9.19

(9.4 , (9.3)

σ_b ,

σ_r ,

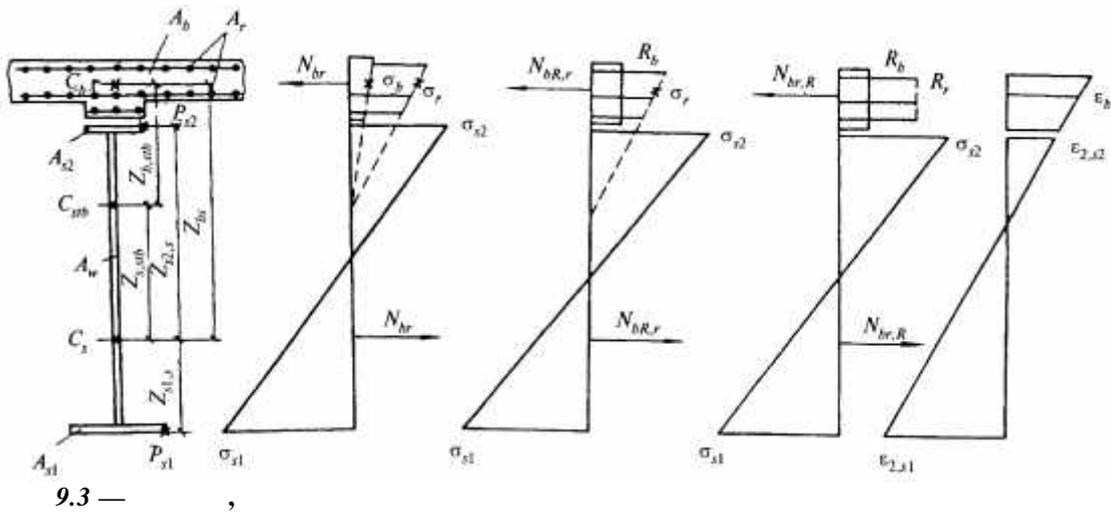
σ_b .

9.4

:	$E_b I_b \leq 0,2 E_{st} I_s$	—	—
(+, -)	$\sigma_b = \frac{M_2}{n_b W_{b, stb}} - \sigma_{bi} < m_b R_b$	$\sigma_b = \frac{M_2}{n_b W_{b, stb}} - \sigma_{bi} \geq m_b R_b$	
(+, -)	$\sigma_r = \frac{M_2}{n_r W_{b, stb}} + \sigma_{ri} < m_r R_r$		$\sigma_r = \frac{M_2}{n_r W_{b, stb}} + \sigma_{ri} \geq m_r R_r$
:	—	—	$\frac{k}{E_{st}} \left(\frac{M_2 - Z_{bs} N_{br, R}}{W_{bs}} - \frac{N_{br, R}}{A_s} \right) \leq \varepsilon_{b, lim}$
(+, -)	$\frac{M - Z_{bs} N_{br}}{4 W_{s2, s}} - \frac{N_{br}}{A_s} \leq m_1 m R_y$	$\frac{M - Z_{bs} N_{br, R}}{3 W_{s2, s}} - \frac{N_{br, R}}{A_s} \leq m R_y$	
(+, -)	$\frac{M - Z_{bs} N_{br}}{3 W_{s1, s}} + \frac{N_{br}}{A_s} \leq m R_y$	$\frac{M - Z_{bs} N_{br, r}}{3 W_{s1, s}} + \frac{N_{br, r}}{A_s} \leq m R_y$	$\frac{M - Z_{bs} N_{br, R}}{3 W_{s1, s}} + \frac{N_{br, R}}{A_s} \leq m R_y$
<p>9.4:</p> <p>$M = M_1 + M_2$ (, M_1 M_2);</p> <p>M_1 ((, M_1 M_2);</p> <p>M_2 ((, M_1 M_2);</p> <p>),</p> <p>σ_{bi}, σ_{ri} —</p> <p>9.10, (, ,</p> <p>9.4 — 9.6)</p> <p>$A_s = A_{s1} + A_w + A_{s2}$ — ;</p> <p>$A_{s1}, A_{s2}, A_w, A_b, A_r = A_{rs}$ — ;</p> <p>;</p> <p>$W_{b, stb} = \frac{I_{stb}}{Z_{b, stb}}$; $W_{s1, s} = \frac{I_s}{Z_{s1, s}}$; $W_{s2, s} = \frac{I_s}{Z_{s2, s}}$ — ;</p> <p>$W_{bs} = \frac{I_s}{Z_{bs}}$ — ;</p> <p>I_{stb}, I_s — ;</p> <p>$Z_{b, stb}, Z_{bs}, Z_{s1, s}, Z_{s2, s}$ — 9.3; ;</p> <p>$n = \frac{E_{st}}{E_{rs}}$ — , 9.16;</p> <p>n_b — , 9.5;</p>			

9.4

$\varepsilon_{b,lim} = 0,0016$ — () ;
 $R_y, R_b, R_r = R_{rs}$ — 7.24, 8.8 8.9, 7.37;
 $\alpha_3 = 1 + \eta(\alpha - 1)$ — ;
 $\alpha_4 = \alpha_3 / m_1$ — ;
 α — 1,0; 8.26;
 η — 9.5;
 m — 8.19;
 m_b — 7.25;
 m_r — 7.39 — 7.45;
 $m_1 = 1 + \frac{m_b R_b - \sigma_b}{m R_y} \cdot \frac{A_b}{A_{s2}}$ — 1,2;
 k — ;
 $k = 1, \quad \frac{M - Z_{bs} N_{br,R}}{W_{s2,s}} \leq m R_y + \frac{N_{br,R}}{A_s}$;
 $\left(m R_y + \frac{N_{br,R}}{A_s} < \frac{M - Z_{bs} N_{br,R}}{W_{s2,s}} \right) \leq [1 + \eta(\alpha - 1)] \left(m R_y + \frac{N_{br,R}}{A_s} \right), k$
 $k = 1,0 \quad k = 1,0 + \frac{0,0009 E_{st}}{m R_y}$.



9.5

A_{s2} / A_{s1}	$\eta \quad N / s R ,$							
	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
0	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>0,99</u>	<u>0,98</u>
	1,0	0,98	0,94	0,90	0,87	0,81	0,75	0,67
0,2	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>1,0</u>	<u>1,02</u>	<u>1,03</u>	<u>1,04</u>	<u>1,05</u>	<u>1,06</u>
	1,0	0,97	0,92	0,87	0,80	0,70	0,57	0,38

9.5

A_{s2} / A_{s1}	$\eta \quad N / s \quad R,$							
	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
0,4	$\frac{1,0}{1,0}$	$\frac{1,04}{0,90}$	$\frac{1,08}{0,8}$	$\frac{1,12}{0,67}$	$\frac{1,14}{0,52}$	$\frac{1,16}{0,34}$	$\frac{1,19}{0,53}$	$\frac{1,20}{0,68}$
0,6	$\frac{1,0}{1,0}$	$\frac{1,10}{0,84}$	$\frac{1,19}{0,64}$	$\frac{1,28}{0,40}$	$\frac{1,35}{0,56}$	$\frac{1,40}{0,75}$	$\frac{1,44}{0,95}$	$\frac{1,46}{1,13}$
0,8	$\frac{1,0}{1,0}$	$\frac{1,20}{0,61}$	$\frac{1,39}{0,51}$	$\frac{1,55}{0,84}$	$\frac{1,70}{1,12}$	$\frac{1,83}{1,36}$	$\frac{1,93}{1,60}$	$\frac{1,98}{1,86}$
1,0	$\frac{1,0}{1,0}$	$\frac{1,29}{1,29}$	$\frac{1,63}{1,63}$	$\frac{2,04}{2,04}$	$\frac{2,47}{2,47}$	$\frac{2,86}{2,86}$	$\frac{3,20}{3,20}$	$\frac{3,38}{3,38}$

9.5

A_{s2} / A_{s1}	$\eta \quad N / s \quad R,$						
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
0	$\frac{0,96}{0,58}$	$\frac{0,95}{0,45}$	$\frac{0,92}{0,28}$	$\frac{0,88}{0,52}$	$\frac{0,83}{0,68}$	$\frac{0,75}{0,76}$	$\frac{0,63}{0,82}$
0,2	$\frac{1,07}{0,49}$	$\frac{1,06}{0,61}$	$\frac{1,05}{0,72}$	$\frac{1,02}{0,82}$	$\frac{0,99}{0,91}$	$\frac{0,90}{0,99}$	$\frac{0,75}{1,05}$
0,4	$\frac{1,21}{0,84}$	$\frac{1,20}{0,98}$	$\frac{1,18}{1,12}$	$\frac{1,16}{1,22}$	$\frac{1,13}{1,30}$	$\frac{1,09}{1,38}$	$\frac{1,04}{1,42}$
0,6	$\frac{1,47}{1,30}$	$\frac{1,46}{1,45}$	$\frac{1,45}{1,58}$	$\frac{1,42}{1,69}$	$\frac{1,39}{1,76}$	$\frac{1,35}{1,84}$	$\frac{1,30}{1,90}$
0,8	$\frac{2,00}{2,08}$	$\frac{2,02}{2,29}$	$\frac{2,01}{2,47}$	$\frac{1,99}{2,52}$	$\frac{1,97}{2,50}$	$\frac{1,91}{2,46}$	$\frac{1,84}{2,38}$
1,0	$\frac{3,49}{3,49}$	$\frac{3,56}{3,56}$	$\frac{3,57}{3,57}$	$\frac{3,53}{3,53}$	$\frac{3,43}{3,43}$	$\frac{3,29}{3,29}$	$\frac{3,05}{3,05}$

9.6

:	$E_b I_b \leq 0,2 E_{st} I_s$	—
(+, -)	$\sigma_b = \frac{M_2}{n_b W_{b, stb}} - \sigma_{bi} > 0,1 m_b R_b$	$\sigma_b = \frac{M_2}{n_b W_{b, stb}} - \sigma_{bi} \leq 0,1 m_b R_b$
:	—	$\sigma_r = \frac{-M_2 + Z_{b, s\psi} A_b \sigma_{bi}}{\psi_{cr} n_r W_{r, s\psi}} + \frac{A_b \sigma_{bi}}{\psi_{cr} n_r A_{s\psi}} - \sigma_{ri} \leq m_r R_r$
(+, -)	$\frac{-M + Z_{bs} N_{br} + \frac{N_{br}}{A_s}}{5 W_{s2, s}} \leq m_2 m R_y$	$\frac{-M - Z_{rs} N_{rR} - \frac{N_{rR}}{A_s}}{3 W_{s2, s}} \leq m R_y$
(+, -)	$\frac{-M + Z_{bs} N_{br} - \frac{N_{br}}{A_s}}{3 W_{s1, s}} \leq m R_y$	$\frac{-M - Z_{rs} N_r + \frac{N_r}{A_s}}{3 W_{s1, s}} \leq m R_y$

9.6

9.6:

$W_{s2,s}; W_{s1,s}; n_b; n_r; R_y; R_b; R_r; \alpha_3; \eta; m; m_r; m_b$ — 9.4;

$A_{s\psi} = A_s + \frac{A_r}{n_r \psi_{cr}}; W_{r,s\psi} = \frac{I_{s\psi}}{Z_{r,s\psi}}; I_{s\psi}$ —

A_r / ψ_{cr} (—

$Z_{bs}; Z_{b,s\psi}; Z_{rs}; Z_{r,s\psi}$ — 5.4;

$\alpha_5 = \alpha_3 / m_2$ — 1,0;

$m_2 = 1 + \frac{\sigma_b}{m R_y} \cdot \frac{A_b}{A_{s2}}$ —

1,2.

9.4— 9.6:

$N = N_{br} = A_b \uparrow_b + A_r \uparrow_r$ — ;

$N = N_{br,R} = A_b R_b + A_r \uparrow_r$ — ;

$N = N_{br,R} = A_b R_b + A_r R_r$ — ,

$N = N_{rR} = A_r R_r$ — ;

$N = N_r = A_r \uparrow_r, A_r R_r$ — .

1 , 9.19 (9.3), — 9.21 (9.4).

2 s_2 — .

3 η , — ,

4 N .

« »). (N)

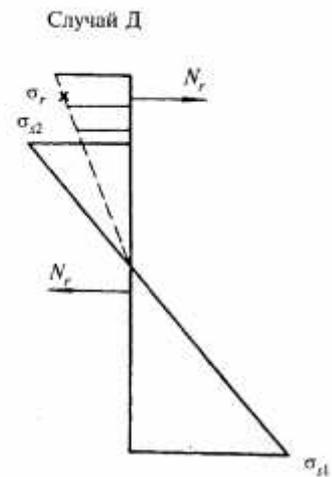
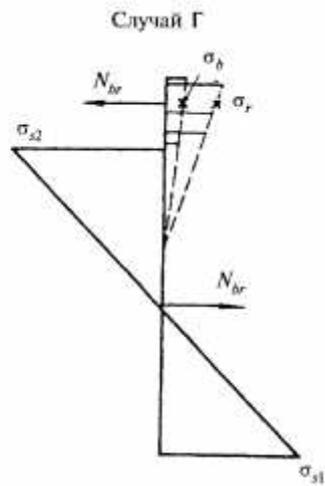
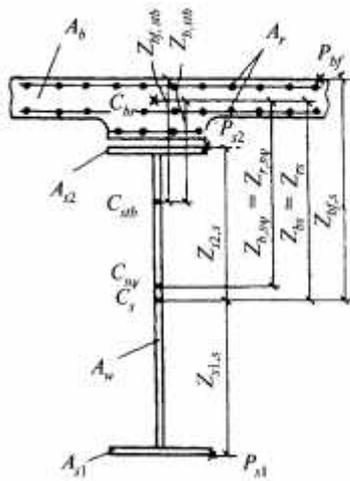
9.20

$m_b R_{bt}$ 7.24 7.25,

9.21

$($ 9.6 $)$ (9.4)

σ_b



9.4 —

9.22

9.19 — 9.21.

N

9.23

7.69, 7.70, 7.72, 7.73, 7.75 9.13,

9.24

9.6 — 9.8

$$\rho = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$$

7.91 – 7.94 8.57.
9.25

:

$$\sigma_{bf} = \frac{M_{2w}}{n_{vkr} W'_{bf, stb}} \leq m_{b1} R_b ; \tag{9.3}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{1w}}{W_{s1, s}} + \frac{M_{2w}}{W'_{s1, stb}} \leq m_{2\gamma_{w, s1}} R_y ; \tag{9.4}$$

$$\sigma_{s2} = \frac{M_{1w}}{W_{s2, s}} + \frac{M_{2w}}{W'_{s2, stb}} \leq m_{2\gamma_{w, s2}} R_y , \tag{9.5}$$

M_{1w} —

;

M_{2w} —

,

;

$W_{i, stb}$ —

$i (bf, s1, s2),$

$n_{\epsilon kr} = E_{st} / E_{\epsilon kr};$

$E_{\epsilon kr}$ —

;

m_{b1} —

7.26;

7.94, 8.57, 9.19

9.3.

(9.4)

(9.5)

$\gamma_w.$

9.26

7.95 —

7.111 9.12.

σ_{bf}

9.6.

9.12

$$\sigma_r = \frac{-M_2 + Z_{b,s\psi} A_b \sigma_{bi}}{\psi_{cr} n_r W_{r,s\psi}} + \frac{A_b \sigma_{bi}}{\psi_{cr} n_r A_{s\psi}} - \sigma_{ri}, \quad (9.6)$$

M_2 —

9.21 ; 9.4. 9.12, 9.19,
9.27 ()

$$a_{cr,d} = \frac{Z_{bf,s}}{Z_{s2,s}} \cdot \frac{\sigma_{2,s2}}{E_{st}} l_a \leq \Delta_{cr,d}, \quad (9.7)$$

$\sigma_{2,s2}$ —

l — ;
 $Z_{bf,s}, Z_{s2,s}$ — 9.4; — ;
 $\Delta_{cr,d} = 0,03$ — ;
 $\Delta_{cr,d}$,

2 ;

$$0,5 R_{bt,ser} (7.6).$$

7.95.

9.28

S_Q

S_N ,

9.29

$$S_i = (\sigma_{b1}A_b + \sigma_{r1}A_r) - (\sigma_{b2}A_b + \sigma_{r2}A_r), \tag{9.8}$$

σ_{b1}, σ_{b2} —

-
ai;

σ_{r1}, σ_{r2} —

;

A_b, A_r —

9.19 9.12.

0,4R_{bt,ser,}

9.12.

σ_r

S_e

$\sigma = 0$

$$= 0,36(+ b_{sl}), \tag{9.9}$$

b_{sl} —

9.15.

;

9.30

S_{ab}

$$S_{ab} = 5,6 \frac{Z_{b,s2}}{H + b_{sl}} S_e, \tag{9.10}$$

$Z_{b,s2}$ —

-

S_e, b_{sl} —

9.29.

0,024(+ b_{sl})

9.31

S_{ab}

(

.1

).

)

)

)

)

)

)

)

9.32

:
:

$$S_h \leq 2R_b A_{b,dr}; \tag{9.11}$$

$$S_w \leq 1,5m_{b1} R_b A_{b,dr}; \tag{9.12}$$

$$S_h \leq 1,6R_b A_{b,dr}, \tag{9.13}$$

S_h, S_w —

$A_{b,dr}$ —

m_{b1} —

9.25.

R_b

$$0,9 \frac{S_h}{1,5 b_{dr}} \quad b_{rib} > 1,3 b_{dr} \quad , \quad 0,7 \quad b_{rib} \quad 1,3 b_{dr}, \quad b_{dr} \text{ —}$$

, b_{rib} —

[11].

9.33

8.82 — 8.102.

9.34

9.35

9.36 (-) $\varepsilon_{b,lim}$ 0,0016.

9.37

9.38

7.117.

12

9.39.

5 3

9.40.

:

3,5-

$3d_{an}$, d_{an} —

9.7.

9.41

(.), , -

9.42
45°

9.7

	, ,	
	22	24
	100	120
	140	160

9.43

: , ; ,

9.44

, ,

9.45

: 0,5 ; ,

9.46

, , 5 ,

9.47

: ; ;

10

10.1

10.2

10.3

10.4

10.5

10.6

10.7

10.8 , 10.6 , , %: — 25, — 20, — 12. 1 , 40 %.

10.9 40 % 25 %, — 7 8. [12]. [13].

10.10 4028, — [12]. [13].

10.11 1- 10.1. 2- 1- :

10.1

		, %	
		25	25
1) :	R_{db}	17,7	15,2
)		15,7	13,7
)		13,7	11,8
2	R_{dt}	11,8	9,8
3	R_{ds}, R_{dqs}	14,7	11,8
4	R_{dq}	1,77	1,47

1

10.1

		, %	
		25	25
5	R_{dqp}	3,1	2,5
6	R_{dab}	3,9 2,35	3,3 2,15
7	R_{dam} R_{dsm}	1,57 0,78	1,47 0,69

1 α

$$R_{d\alpha} = \frac{R_{d1}}{1 + (R_{d1} / R_{d2} - 1) \sin^3 \alpha}$$

$R_{d1} \quad R_{d2} \quad \alpha = 90^\circ$

2 $\alpha = 0$

5

$$R_{dqp} = R_{dq} \left(1 + \frac{8}{l_s + 1,2} \right)$$

l_s

3

0,80 — ;

0,85 — ;

0,90 — .

30 % — ;

10 % — .

10.12

33

50

10.2.

10.2

1	R_{db}	17,7
2	R_{dt}	12,7
3	R_{ds}	15,7
4	R_{dqs}	14,7
5	R_{dcq}, R_{dq}	1,96
6	R_{dq}	2,50
7	R_{dap} R_{daf}	4,31 1,47
8	R_{dsf}	0,78

() , 33 ,

1,10 — 19 ;
 1,05 — ,26 ;
 0,95 — ,43 .

50

10.3.

10.3

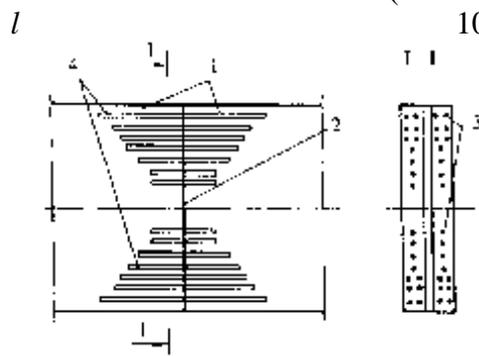
50	1,00	80	0,90
60	0,96	100	0,85
70	0,93	120	0,80

10.13

R_{daf}

(10.1),

10.4.



1 — ; 2 — ; 3 — ; 4 —
10.1 —

10.4

$l,$	$R_{daf},$
15	2,94
20	2,75
25	2,55
30	2,45
35	2,26
40	2,16
45	2,01
50	1,91
55	1,77

1

α

$$R_{daf,\alpha} = \frac{1,3R_{daf}}{1 + 0,3 \cos^3 \alpha}$$

2
3

35.13330.2011

10.14

10.1, 10.2 10.4,

10.5.

10.5

	1,0	1,0	1,0
	1,2	1,2	1,0*
	0,8	0,8	0,8
	1,3	2,0	1,3
	1,3	2,0	1,6
	1,1	1,6	1,3
*	— 0,9.		

10.15

8340,

— 9810;

— 9810.

392
10.16

7 8.

10.17

10.6.

10.6

10.5 —

α

$k\alpha$

64.13330.

10.6

		0,441dt ₁ 0,685dt ₂ 0,294dt ₁
		0,685dt ₂
		1,618d ² + 0,019t ² ₃ , 2,256d ²
(4028)		2,256d ² + 0,010t ² ₃ , 3,628d ²

10.6

	[12]	3,384d ² + 0,015t ₃ ² , 5,442d ²
	[13]	4,14d ²
<p>10.6:</p> <p>d — ;</p> <p>t₁ — ;</p> <p>t₂ — ;</p> <p>t₃ — ;</p> <p>1</p> <p>2 d</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>1,0 — ;</p> <p>0,8 —</p>		

10.18

N_{dd} , ,

$$N_{dd} = m\pi d_e l_e R_{daf} , \tag{10.1}$$

m — ,

- :
- 2,4 — 1,00;
 - 2,6 2,8 — 0,95;
 - 3 — 0,90;

d_e — , ();

l — , ();

R_{daf} — ,

10.4, .

10.19

()

$$m_a = 0,8.$$

10.20

;

;

,

;

,

;

,

(0,6).

10.21

),

,

,

b,

:

)

$$b = a + 2t + 0,25l; \tag{10.2}$$

)

:

25

$$b = a + 2t + 4\delta; \tag{10.3}$$

$$b = a + 2t + 2\delta. \tag{10.4}$$

(10.2) — (10.4):

—

t— ;

δ— ;

l— .

30 %

,

10.22

).

10.23

,

10 %.

10.24

,

,

,

10.25

,

10.26

) : ;
) — : ;
) ;
) — ;
) ;
) :
 () —

0,7l;

() () — l;
 () — 2l,
 l — , () ()

10.27

() ;
) —
) —
 λ_z :

$$\lambda_z = \sqrt{(\mu_z \lambda)^2 + \lambda_a^2}, \quad (10.5)$$

λ, λ — ;
 μ_z — ,

$$\mu_z = \sqrt{1 + \delta b \frac{a}{l_c^2} \cdot \frac{n_f}{n_q}}, \quad (10.6)$$

l_c — , ;
 n_f — ;
 n_q — 1 ;
 d — , 10.7;
 b — , .

1 $\lambda \lambda$ l_c l_a
 2 $\lambda = 0$. l_a , ,

10.7

	δ	
:		
$d \leq \frac{1}{7}t$	$\frac{1}{5d^2}$	$\frac{1}{2,5d^2}$
$d > \frac{1}{7}t$	$\frac{1,5}{dt}$	$\frac{3}{dt}$
	$\frac{1}{10d^2}$	$\frac{1}{5d^2}$
10.7:		
$t -$,	;
$d -$,	.

10.28

:

$4d$;

$\mu_z = 1,2;$

$(d_1 \quad d_2),$

n

$$n = n_1 + n_2 \frac{\delta_1}{\delta_2} , \tag{10.7}$$

n_1, δ_1 — , -

n_2, δ_2 — , -

$d_2.$

10.29

φ λ :

$$\varphi = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 \quad \lambda \leq 70; \tag{10.8}$$

$$\varphi = \frac{3000}{\lambda^2} \quad \lambda > 70. \tag{10.9}$$

10.30

10.8.

10.8

	$\frac{N_d}{A_{nt}} \leq R_{dt} \tag{10.10}$
	$\frac{N_d}{A_{nt}} \leq R_{ds} \tag{10.11}$

10.8

	$\frac{M_d}{W_{nt}} \leq R_{db} \quad (10.12)$
	$\frac{M_{dx}}{I_x} y + \frac{M_{dy}}{I_y} x \leq R_{db} \quad (10.13)$
	$\frac{N_d}{A_{nt}} + \frac{M_d}{W_{nt}} \cdot \frac{R_{dt}}{R_{db}} \leq R_{dt} \quad (10.14)$
()	$\frac{N_d}{A_{nt}} + \frac{M_d}{\xi W_{nt}} \cdot \frac{R_{dt}}{R_{db}} \leq R_{ds} \quad (10.15)$
	$\frac{N_d}{A_q} \leq R_{dq} \quad (10.16)$
	$\frac{Q_d S_{br}}{I_{br} b} \leq R_{dab} \quad (10.17)$
	$\frac{N_d}{A_d} \leq \varphi R_{ds} \quad (10.18)$
<p>10.8:</p> <p>N_d, M_d, Q_d — , ;</p> <p>R_{dt}, R_{ds} — () ;</p> <p>W_{nt}, S_{br} — ;</p> <p>I_x, I_y — 10.33; ;</p> <p>I_{br} — ;</p> <p>b — ;</p> <p>φ — 10.29; -</p> <p>q — ;</p> <p>d — , ;</p> <p>br — 25 % ;</p> <p>$4/3$ nt — , 25 %; N_d</p> <p>ξ —</p> $\xi = 1 - \frac{\lambda^2}{3000} \cdot \frac{N_d}{R_{ds} A_{br}},$ <p>λ —</p> <p>1 , -</p> <p>2 , 10 % $N_d / br,$</p> <p>(10.11) $d / W_{br},$</p> <p>3</p> <p>4 , nt</p> <p>, 0,9.</p>	

10.31

$$\frac{N_d}{A_{br}} + \frac{M_d}{\xi W_{br}} \cdot \frac{R_{ds}}{R_{ab}} \leq \varphi R_{ds}, \quad (10.19)$$

φ — ;
 W_{br} — ;
 ξ — ;
 10.32 10.30.
 1,0 1
 nt
 0,5 — 20
 0,4 —
 nt
 10.33 ()
 0,85 — ;
 0,80 — .
 10.34 30 %.
 20 %.
 10.35
 10.36
 , 0,8 — 0,6 — : 1,0 —
 30 %.

10.37 , 2/3

11.14.

10.38 : —
 ;
 () —

10.39 ,

:

$$\frac{N_d}{A_q} \leq m_q R_{dqp}; \tag{10.20}$$

$$\frac{N_d}{A_a} \leq m_a R_{dam}, \tag{10.21}$$

A_q, A_a —
 m_q —

;

:

- 1,2;
- 0,85;
- 0,75;

m_a —

0,8 1,0 —
 1,15 —

:

;

;

, — 0,7.

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

10.10. ,

$$\frac{N_d}{A_q} \leq m_q R_{dqp} + \frac{n_s N_{dds}}{A_q}, \tag{10.22}$$

n_s — ;
 N_{dds} — (, , ,) ,) , ,

$$N_{dds} = 0,78(4R_{dds}d_s l_s + R_{dqp}D_s^2), \quad (10.23)$$

R_{dds} — , : —0,3 ;
 [13] — R_{dsm} 10.1 —0,6 ;

d_s — , () ;
 l_s — , () ;
 R_{dqp} — , -
 10.1;
 D_s — , ().
 (10.22) $2m_q R_{dqp}$.

10.40 ;

10.41 ; l_d , —

$$l_d = a + 0,5l_a . \quad (10.24)$$

S

$$s = \frac{3}{2} Q \frac{z}{l_a} . \quad (10.25)$$

(10.24) (10.25):

Q — ;
 — ;
 z — ;
 l_a — .
 10.42 -

0,8

$$e_l = 1,95d \sqrt{\frac{R_y}{R_{dqs}}}, \quad (10.26)$$

d — ;
 R_y — , 8 ;

R_{dqs} — , .

2 1,5d. , .

10.43 1,5d. , 70 %

10.44 , .

4 2 ()

10.45 16483.10.

10.46 - ,

10.47 2770.

- 4 — 6 , - —

10.48 15 ,

10.49 .

10.50 , .

35.13330.2011

100 50 1 %, 1 %

10.51

10.52 10 ,

— 5 . 5 — 6 .

10.53

10.54

10.55

1/3

10.56

10.9.

10.9

1	:	18	16
	,	10	8
2	:	4	4*
3	:	22	18**
		22	22
		—	14
4		9	9
5	:		
	$\times 10^{-1}$	19	19
		16	16
6		—	12
7		25	22
8	»	22	12
9	»	4	4

10.9

10	$\times 10^{-1}$	8	8
11		6	6
12		—	3,2
* 4,3 —			3,3 —
**	18		

10.57

) , , :
 — 100;
 — 150;
) :
 — 150;
 — 200.

10.58

(), , ,

10.59

10.60

(,).

10.61

10.10.

10.62

d 6
 0,8 — 0,9 *d*.

10.10

						-
1	:	6 3	7 3,5	— 3	15* 25** 4	10 5
2	:	6 2,5	7 3	— 2	15* 25** 4	10 3,5
* **		10d (d —) 4d.				
15d.						
1						
2						
3		()				
10d,		5 % (10d)				

10.63

10.64

1/3

10.65

20 %

10.66

12 — 26

300.

22 — 4 :

12 — 2 , 14 — 18 — 3 , 20 —
22 — 5 .

15 — 20

10.67

10.68
 () — 2, — 3.
)
 — 1/5 ;
 — 1/4 ;
) — 1/3 ;
 — 1/4 .
 20 .

10.69
 , ,
 .
 2 .

10.70
 ()
 ,
 ()
 (5.) . l

a

$$\frac{l}{\delta+a} \geq 5. \tag{10.27}$$

δ d ()

0,4 — 0,5d — ;
 0,25d — .

10.71
 -
 2 — 3 .

10.72
 5 .
 () 30 .

15 — 20 .

10.73

10.74 ,

10.75 ,

10.76 ,

10.77 , 3

10.78 4,5

10.79 3 , () , () ,

10.80 , , 2

— () , ()

10.81 ,

10.82 () 5 % 1/3

2 .

0,5 0,25

10.83

1,5 /

10.84 10.86.

()
2 .

10.85

2 — 8

50

1,5 /)

(
30 — 50

10.86

1:15.

0,75

1,0 ,

10.87

11

11.1

22.13330, 24.13330, 32-101 [16],

14.13330

11.2

25100.

11.3

11.4

22.13330

2

7, 8 10.

11.5

— : , , ; —) (, , .

11.6

— , , , , , .

11.7

: , , (, ,), , 11.1.

12

11.1.

20 %

11.8

$$p \leq \frac{R}{\gamma_n} \quad p_{\max} \leq \frac{\gamma_c R}{\gamma_n}, \quad (11.1)$$

, max —

R —

γ_n —

γ_c —

1,4;

: 1,0 —

7 — 9; 1,2 —

(10 — 15 17. 7 — 9)

11.1

	$(e_0/r)^*$			
	0,1	1,0	0,5	0,6
	0,1	1,0	0,8	
				1,0 1,2
<p>* $e_0 = \frac{M}{N}$ $r = \frac{W}{A}$; (11.2)</p> <p>N — ;</p> <p>W — ;</p> <p>— .</p>				

11.9

10 — 14 (6.1
6.2)

11.10 ()

5.25 — 5.30 ()

11.11 , .

24.13330, 11.12 — 25.13330 32-101 [16].

3.

:

;

,

(

,

1).

11.13 ,

,

4.

11.14

() 5,

:

(

.) :

)0,25;

)0,30;

.....0,30;

.....0,40;

.....0,50;

.....0,60.

11.15 ()

12 — , , 6 12 —

,

11.16

25.13330 32-101 [16]. 24.13330, —

12

5.

11.17 ,

11.16,

3.

) ;
)
 11.18 11.16 11.17
 () .
 ; ($\varepsilon < 0,8$) —
 ; — 55 105
 11.19 , ,
 . ,
 12 (20 % ,
 20 — 30 %).
 11.20 ,
 11.5 — 11.18 , 22.13330, 25.13330
 32-101 [16] , 24.13330, 25.13330
 32-101 [16] 24.13330 25.13330.
 , 5.25 — 5.30
 11.21 () , .
 24.13330
 , 25 ,
 - 2 — 10 .
 11.22 () (,
) , 1,2 — 0,6 .
 , , 30

40
10 .
11.23 7. ()
11.24 , 10² 1 .
, — 4,9 . , 9,8 ,
11.25 0,3 × 0,3 ,
11.26 , , ,
, , 30°.
1:20.), (, ,
.

()

9.401-91*

380-2005
535-2005

977-88
1050-88*

2246-70*
2695-83*
2770-74*

3064-80

1×37

(1+6+12+18).

3067-88*

6×19

(1+6+12) + 1×19 (1+6+12).

3090-73*

4028-63*
4543-71*

4784-97*
5632-72*

5781-82*

6713-91

7348-81*

7675-73*

7676-73*

8479-70*

8486-86
8509-93
8510-86

35.13330.2011

8639–82*
9128–97

9238–83

1520 (1524)

9462–88*

9463–88
9467–75*

10060.0–95

10060.1–95
10060.2–95

10060.3–95

10884–94

10885–85*

10922–90

13726–97*

13840–68*
14098–91

1×7.

14637–89*

16483.10–73*

18899–73

19281–89*

19292–73

21437–95

21631–76*

23279–85

23961–80

25100–95

26607-85				
26633-91				
26775-97				
26804-86				
27751-88*				
		(1	2011	
	54257-2010)			
30244-94				
30247.0-94				
30247.1-94				
31015-2002				-
22.1.12-2005				
52289-2004				
52398-2005				
52399-2005				
52606-2006				
52607-2006				
52643-2006				
52644-2006				
52645-2006				
52646-2006				
52748-2007				
52766-2007				
53664-2009				

35.13330.2011

20.13330.2011 « 2.01.07-85* »
22.13330.2011 « 2.02.01-83* »
24.13330.2011 « 2.02.03-85 »
25.13330.2010 « 2.02.04-88 »
28.13330.2010 « 2.03.11-85 »
34.13330. 2010 « 2.05.02-85* »
37.13330.2010 « 2.05.07-91* »
2.05.11-83 ,
2.06.04-82*
42.13330.2011 « 2.07.01-89* (,)
3.03.01-87 »
14.13330.2011 « II-7-81* »
16.13330.2011 « II-23-81* »
64.13330.2011 « II-25-80 »
22-02-2003 ,
23-01-99*
32-01-95 1520
63.13330.2010 « 52-01-2003 »

∴ , ,
∴ ;
∴ ;
∴ ;
, , (; . :
) , (, (;
) , ; ,
.

()

5 « »

M_u – ;
 M_z – ;
 Q_r – ;
 Q_z – ;
 l – ;
 h – ;
 $l + \mu$ – ;
 m – ;
 n – ;
 f – .

6 « »

A – ;
 P – ;
 F_h – ;
 M – ;
 G – ;
 S_f – ;
 S_h – ;
 T – ;
 p – ;
 p_v – ;
 v – ;
 v_h – ;
 u – , ;
 q_0 – ;
 n – ;
 v_{vb} – ;
 v_t – ;
 a – ;

h, h_x — ;
 d — ;
 r — ;
 — ;
 f — ;
 c — ;
 n — ;
 n — ;
 c_n — ;
 t — ;
 $t_{n,T}$ — ;
 $t_{n,x}$ — ;
 t — ;
 l — ;
 z — ;
 — ;
 — ;
 γ_f — ;
 c_v — ;
 $1 + \mu,$ — ;
 $1 + \mu$ — ;
 τ_n — ;
 c_w — ;
 k_n — , ;
 — , ;
 S_1 — , ;
 S_2 — () ;
 μ_n — ;
 μ_{\max}, μ_{\min} — .

7 « »

R_{bn} — ;
 R_{bm} — .

R_b — ;
 R_{bt} — ;
 $R_{b,cut}$ — .

 $R_{b,ser}$ — ;
 $R_{bt,ser}$ — ;
 $R_{b,mc1}$ — () ,
 $R_{b,mc2}$ — () ;
 $R_{b,sh}$ —);

 R_{sn} — ;
 R_{pn} — .

 R_s — ;
 R_p — ;
 R_{sc} — — ;
 R_{pc} — , .

 n_1 — ,
 n — , .

 A'_b — ;
 A_b — ;
 A_{red} — ;
 I_{red} — ;
 W_{red} — ;

A_s, A'_s – ;
 A_p, A'_p – , ;
 μ – , ;
 b – , () , ;
 b'_f – , ;
 h – ;
 h'_f – () , ;
 h_0 – ;
 x – ;
 a_s, a_p – ;
 a_s, a'_p – , ;
 e_c – N ;
– , (e_c),
 e_0 – (3.54; N , e_c)
 e, e' – N ;
 i – ;
 r – ;
 d – , ;
 bt – () ;
 mb, mc – ;
 bx, by – , ;
 τ_b – . ;
 s – ;
 p – ;

- pc – ,
- $pc1$ – $(\sigma_{pc} = R_{pc} - \sigma_{pc1});$
() ,
- 8 « »**
- A – ;
- A_{bn} – ;
- A_n – ;
- A_f – ();
- A_w – ;
- A_{wf} – ;
- A_{wz} – ;
- E – ;
- F – ;
- G – ;
- I_s – ;
- I_{sl} – ;
- I_t – ;
- I_x, I_y – – ;
- I_{xn}, I_{yn} – , ; – – , – – ;
- M – , ;
- M_{cr} – ,
- M_x, M_y – – – ;
- N – ;
- N_{cr} – ,
- Q – , ;
- Q_{fic} – ;
- Q_s – , ;
- R_{ba} – () ;
- R_{bh} – ;
- R_{bp} – ;
- R_{bs} – ;
- R_{bt} – ;
- R_{bun} – ,
 b ;

- R_{cd} – ();
- R_{dh} – ;
- R_{lp} – () ;
- R_p – ();
- R_s – ;
- R_{th} – ;
- R_u – , , ;
- R_{un} – , b ;
- R_{wf} – () ;
- R_{wu} – , ;
- R_{wun} – ;
- R_{ws} – ;
- R_{wy} – , ;
- R_{wz} – () ;
- R_y – , , ;
- R_{yn} – , T ;
- S – ;
- W_x, W_y – – – ;
- W_{xn}, W_{yn} – – – ;
- b – ;
- b_{ef} – ;
- b_f – () ;
- b_h – , ;
- e – ;
- e_{rel} – ($e_{rel} = eA / W_c$);
- e_{ef} – ($e_{ef} = e_{rel}$);
- h – ;
- h_w – () ;

i — ;
 i_{\min} — ;
 i_x, i_y — — ;
 k_f — ;
 l — , ;
 l_c — ;
 l_d — ;
 l_{ef} — , ;
 l_m — ();
 l_s — ;
 l_w — ;
 l_x, l_y — ,
 — — ;
 m — ;
 m_b — ;
 r — ;
 t — ;
 t_f — ();
 t_w — ;
 f, z — ;
 γ_n — ;
 γ_m — ;
 γ_u — ;
 — ;
 — (= l_{ef}/i);
 x, y — ,
 — — ;
 v — ();
 x, y — , — — ;
 τ_{xy} — ;
 — .

9 « »

n_i — i - ;
 E_i, E_{ij} — i - j - ;
 I_i, I_{ij} — j - ;
 W_{ij} — i - j - ;
 A_i, A_{ij} — ;
 z_{ij} — i - j - ;
 b, b_i — i - ;

t_i, t_{ij} — i - j ;
 $t_{n,max}, t_{max}$ — ;
 M, M_i, M_{ij} — i - j - ;
 N, N_i, N_{ij} — j - , i -
 S_i, S_{ij} — ; , i - j - ,
); j (j - ,
 s_{ij} — i -
 j - ;
 R_i — i - ;
 R_{bt} — ;
 $R_{bt,ser}$ — ;
 i, i_l, i_j — i - i j ;
 i, i_j — i - i - i -
 j - ;
 — ;
 $\alpha_i,$ — ;
 k — ;
 cr — , ;
 m, m_i — i - ;
 P_i — .

10 « »

N_d — ;
 M_d — ;
 Q_d — ;
 N_{dd} — .

R_{db} — ;
 R_{dt} — ;
 R_{ds} — ;
 R_{dc} — , ;
 R_{dqs} — ;
 R_{dq} — ;
 R_{dcq} — , ;
 R_{dqp} — ;
 R_{dqa} — , ;
 R_{dab} — ;

35.13330.2011

R_{dam} — () ;
 R_{dsm} — ;
 R_q — ;
 R_{daf} — ;
 R_{daf} — ;
 R_{dafr} — ;
 α .

 A_{br} — ;
 A_{nt} — ;
 A_d — ;
 A_a — ;
 A_q — .

 S_{br} — ;
 W_{nt} — ;
 I_x, I_y — — ;
 x, y — — ;

 l — ;
 l — ;
 l — ;
 l_a — ;
 l_a — ;
 l_c — ;
 l_s — ;
 l_d — ;
 l_l — ;
 a — ;
 a — ;
 a — ;
 b — ;
 b — ;
 z — , ;
 d — ;
 d_l — ;
— ;
— ;
— ;
 t — ;

t_1 — ;
 t_2 — ;
 t — ;
 — ;
 a — ;
 z — ;
 N — ;
 n_q — ;
 n_f — ;
 M — ;
 m_q — , ;
 m_a — , ;
 — ;
 μ_z — ;
 — ;
 ξ — , .

11 « »

e — ;
 I_L — ;
 I_p — ;
 γ — ;
 — ;
 R_c — ;
 R_{nc} — .
 , ,
 F — , ;
 M — ;
 N — , ;
 p, p_{\max} — ;
 R — ;
 R_0 — .
 B — () ;
 a — ;
 A — ;

35.13330.2011

d - ;
 d_w - ;
 h - ;
 E_0 - ;
 r - ;
 W - ;
 z - .

γ_g - ;
 γ_n - ;
 γ_c - .

()

,

,

,

,

.1

-

(

,

-

),

.

(

),

.2

.1,

,

-

:

nb -

;

n -

b -

:

,

34.13330,

52398,

52399

.1
52748;

.1

;

-

37.13330;

,

-

42.13330;

h -

(

),

(

.1):

I - III

,

,

5 ;

IV - V
4,5 ;

III-

IV-

1 ,

5 ;

-

(

);

-

(

),

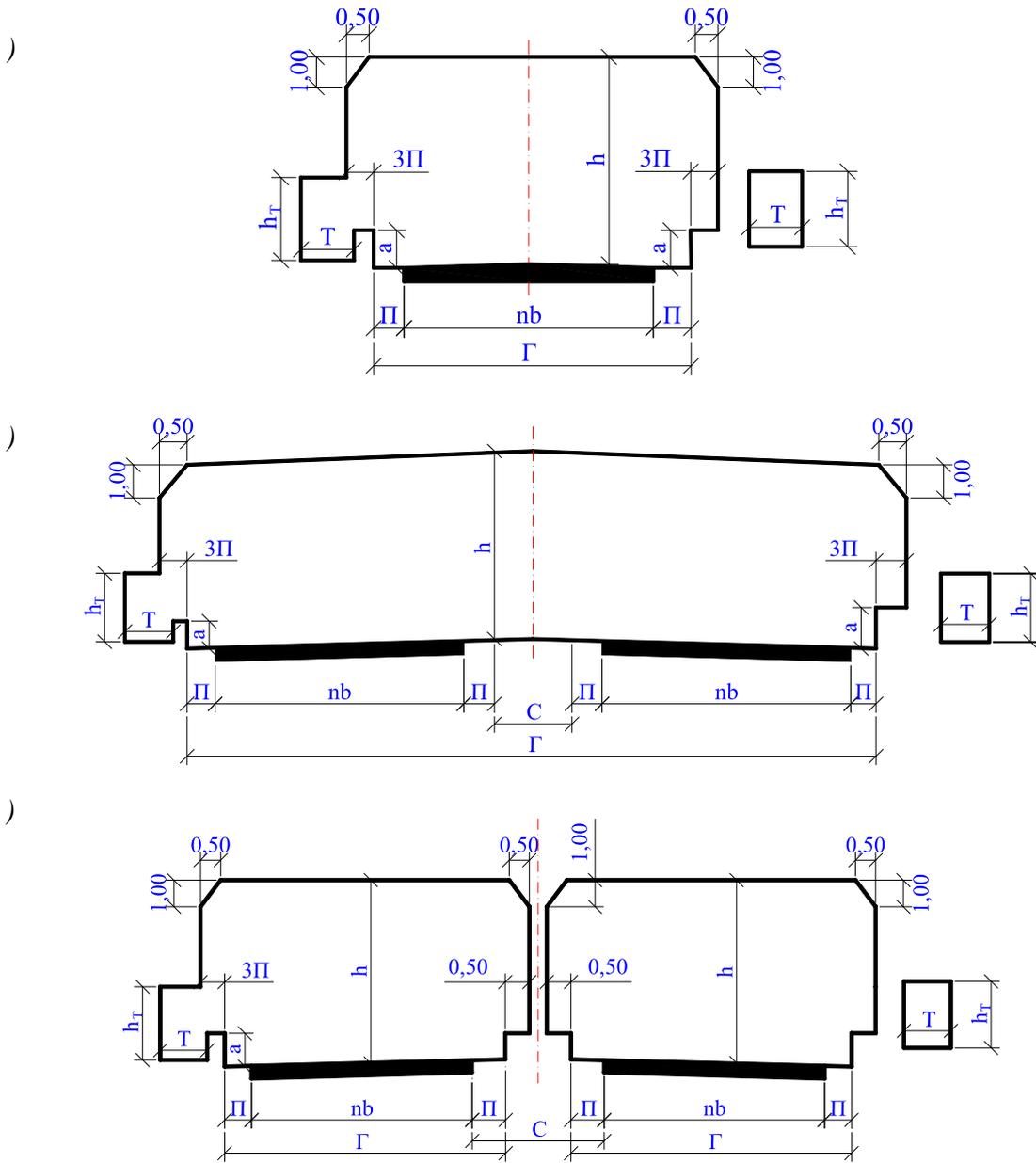
;

0,5 ,

-0,25 ;

— ;
 — 5.61; 5.62;
 h_t — 2,5 ;
 .3 ;

.1.



.1 -

.1

			-	-			
					-	- nb	
()	I	8	2,5	d,	$\frac{-(17,0 + +17,0)}{2(-19,0)}$	15,0×2	
	I , I , I	6			$\frac{-(13,25 + +13,25)}{2(-15,25)}$	2,0	11,25×2
		4			$\frac{-(9,5 + +9,5)}{2(-11,5)}$		7,5×2
	II	4			$\frac{-(9,0 + *+9,0)}{2(-11,0)}$	2,0	7,0×2
		2			-11,5		7,5
	III IV	2			-11,5 -10 -8**	2,0 1,5 1,0	7,5 7,0 6,0
	V	1			-6,5*** -4,5	1,0 0,5	4,5 3,5
-	I-	2	2,5	-8**	1,0	6,0	
	II-	1		-6,5*** -4,5	1,0 0,5	4,5 3,5	
	III-	1		-4,5	0,5	3,5	
-	-	8	2,5	$\frac{-(16,5 + +16,5)}{2(-18)}$	1,5	15×2	
		6		$\frac{-(12,75 + +12,75)}{2(-14,25)}$		11,25×2	
		4		$\frac{-(9,0 + +9,0)}{2(-10,5)}$		7,5×2	
	-	8	2,5	$\frac{-(15,0 + +15,0)}{2(-16)}$	1,0	14×2	
		6		$\frac{-(11,5 + +11,5)}{2(-12,5)}$		10,5×2	
		4		$\frac{-(8,0 + +8,0)}{2(-9)}$		7×2	
		2		-9		7	

.1

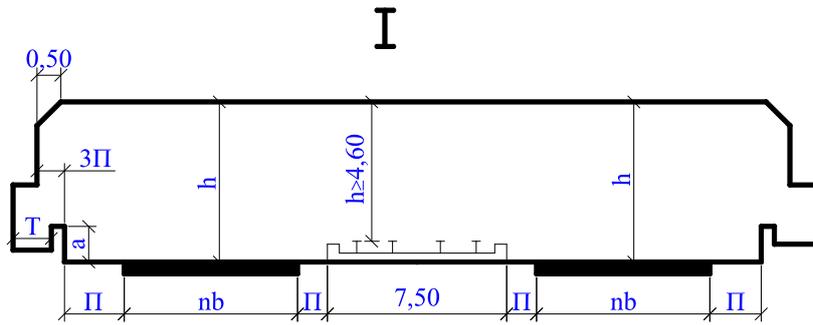
		-	-		,	
					-	- nb
	-	4		$\frac{-16 - (8,0 + +8,0)}{2(-9)}$		14 7×2
	,	2	2,5	-9	1,0	7
	,	2		-10		8
	,	2		-8		6

.1

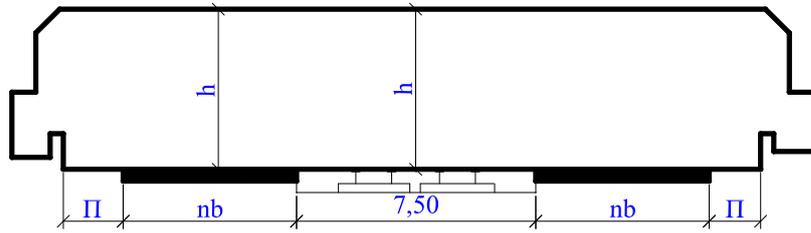
* 52398.
 ** () -7.
 *** , -6.
 1 « »
 , -
 . « »
 37.13330 « » () « » (),
 ((2,5) « »,
 2 2.05.11 - « ». (,)
 :
 = + nb + C + nb + ; = + nb + .
 3 (, (.1).
) (= 1,50 .
 4 , () IV ,
 -8 6,5 (0,75 .)
 5 , (.1,) ,
 () ,
 0,30), 1 0,35 (-
), 1,5 0,35 (- 0,30

.4
 .2) .1. .2 (-
 (), , 9,0 .
 .5
 5,5 .
 .6 , .1,
 :
 100 I - III III-
 50 IV IV- , 50 ,
 100 2 ,
 ;
 ;

)

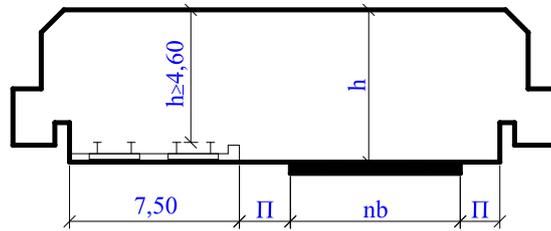


)

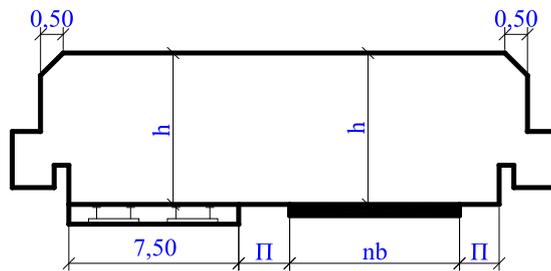


)

II



)



-

Π -

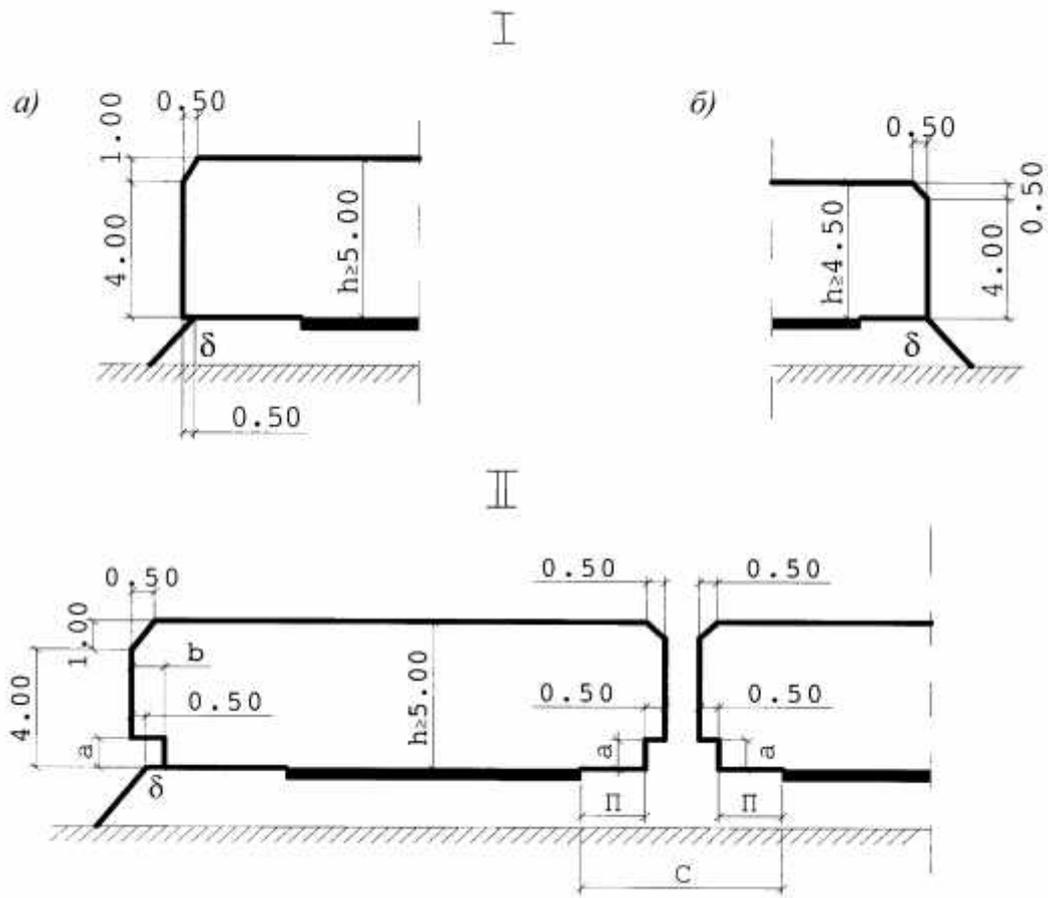
; -

; I -

;

.2 -

);
).
 I – III III- 0,75 IV IV- : 1,0 .
 .1, .
 .7
 34.13330, 37.13330 42.13330.
 .6
 .8
 2,0 .
 .9
 .3.
 I 2,0 , , :
 2,25
 (1,5);
 1,5
 1,75
 (1,0).
 :
 – .2;
 – .2. III- IV-
 .10 .2 .
 1,0 ().
 ()
 .3.



- ; b -
 ; I - ;)- I-III; III- IV- ;)- IV V

.3 -

.11

52289, 52606, 52607.

Приложение Д
(справочное)

Коэффициент сочетаний η для временных нагрузок и воздействий

Номера нагрузок (воздействий), наиболее неблагоприятных для данного расчета	Номера комбинаций нагрузок (воздействий), действующих одновременно или порознь с наиболее неблагоприятными	Коэффициент η при различных комбинациях временных нагрузок и воздействий																	
		№ 7 (временные вертикальные нагрузки)	№ 8 (давление грунта от подвижного состава)	№ 9 (центробежная сила)	№ 10 (поперечные удары подвижного состава)	№ 11 (торможение или сила тяги)	№ 12 (ветровая нагрузка)	№ 13 (ледовая нагрузка)	№ 14 (нагрузка от навала судов)	№ 15 (температурные климатические воздействия)	№ 16 (воздействие морозного пучения грунта)	№ 17 (сравнительные нагрузки)	№ 18 (сейсмические нагрузки)	№ 19 (трение или сопротивление сдвигу в опорных частях)					
7 и 8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9, 11, 12, 15	9, 11, 12, 15	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,25	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
	9, 13, 15 и S	0,8	0,8	0,8	0,8	—	0,8	0,8	0,8	0,25	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
	10, 13, 15 и S	0,8	0,8	—	0,7	—	—	0,7	0,7	—	—	0,7	0,7	—	—	—	—	—	0,7
	10, 14	0,8	0,8	—	0,7	—	—	0,7	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	11, 12, 15	0,8	0,8	—	0,7	0,7	—	0,7	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	12, 13, 15	0,8	0,8	—	—	—	—	—	—	—	0,25	—	—	—	—	—	—	—	—
	11, 12, 15 12, 13, 15 и S 14	0,8	0,8	—	—	—	—	—	—	—	0,50 0,25 0,50 0,25	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение приложения Д

Номера нагрузок (воздействий), наиболее неблагоприятных для данного расчета	Номера комбинаций нагрузок (воздействий), действующих одновременно или попеременно, наиболее неблагоприятными	Коэффициент η при различных комбинациях временных нагрузок и воздействий																	
		№ 7 (временные вертикальные нагрузки)	№ 8 (давление грунта от подвижного состава)	№ 9 (центробежная сила)	№ 10 (поперечные улары подвижного состава)	№ 11 (торможение или сила тяги)	№ 12 (ветровая нагрузка)	№ 13 (ледовая нагрузка)	№ 14 (нагрузка от навала судов)	№ 15 (температурные климатические воздействия)	№ 16 (воздействие морозного пучения грунта)	№ 17 (строительные нагрузки)	№ 18 (сейсмические нагрузки)	№ 19 (трение или сопротивление сдвигу в опорных частях)					
10	7, 8, 13, 15 и S 7, 8, 14	0,7 0,7	0,7 0,7	— —	0,8 0,8	— —	— —	0,7 —	— 0,7	0,7 —	— —	— —	— —	— —	0,7 —	— —	— —	0,7 —	
11	7—9, 12, 15	0,8	0,8	0,8	—	0,8	—	—	0,50 0,25	—	—	—	—	—	0,7	—	—	—	
12*	7—9 7, 8, 11, 15 7—9, 13, 15 и S 13, 15, 17 и S 15—17 и S	0,7 0,7 0,7 — —	0,7 0,7 0,7 — —	0,7 — 0,7 — —	— — — — —	— 0,7 — — —	— — — — —	— — — — —	0,50 0,25 0,50 0,25 0,50 0,25 0,80 0,25 0,80 0,25	— — 0,7 — — — — — —	— — — — — — — — —	— — — — — — — — —	— — — — — — — — —	— — — — — — — — —	— — — — — — — — —	— — — — — — — — —	— — — — — — — — —	— — — — — — — — —	— — 0,7 — — — — — —

Продолжение приложения Д

Номера нагрузок (воздействий), наиболее неблагоприятных для данного расчета	Номера комбинаций нагрузок (воздействий), действующих одновременно или порознь с наиболее неблагоприятными	Коэффициент ψ при различных комбинациях временных нагрузок и воздействий													
		№ 7 (временные вертикальные нагрузки)	№ 8 (давление грунта от подвижного состава)	№ 9 (центростремительная сила)	№ 10 (поперечные удары подвижного состава)	№ 11 (торможение или сила тяги)	№ 12 (ветровая нагрузка)	№ 13 (ледовая нагрузка)	№ 14 (нагрузка от навала судов)	№ 15 (температурные климатические воздействия)	№ 16 (воздействие морозного пучения грунта)	№ 17 (противоположные нагрузки)	№ 18 (сейсмические нагрузки)	№ 19 (трение или сопротивление сдвигу в опорных частях)	
13	7—9, 12, 15 и S 7, 8, 10, 15 и S 12, 15 и S	— 0,7 —	— 0,7 —	— 0,7 —	— — 0,7	— — —	— 0,50 0,25 — 0,50 0,25	— 0,8 — 0,8 0,8	— — —	— 0,7 — 0,7 0,7	— — —	— — —	— — —	— — —	— 0,7 — 0,7 0,7
14	7—9 7, 8, 10	— 0,7 0,7	— 0,7 0,7	— 0,7 —	— — 0,7	— — —	— — —	— — 0,8 0,8	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —
15	7—9, 11, 12 7—9, 12, 13 и S 7, 8, 10, 13 и S 12, 13, 17 и S 12, 16, 17 и S	— 0,7 0,7 — —	— 0,7 0,7 — —	— 0,7 0,7 — —	— — 0,7 — —	— 0,7 — — —	— 0,50 0,25 0,50 0,25 — 0,7 0,5 0,7 0,5	— — 0,7 — — — —	— — — 0,8 0,8 — — —	— — — — — — —	— — — — — — —	— — — — — — —	— — — — — — —	— — — — — — —	— — 0,7 — 0,7 0,7 — 0,7

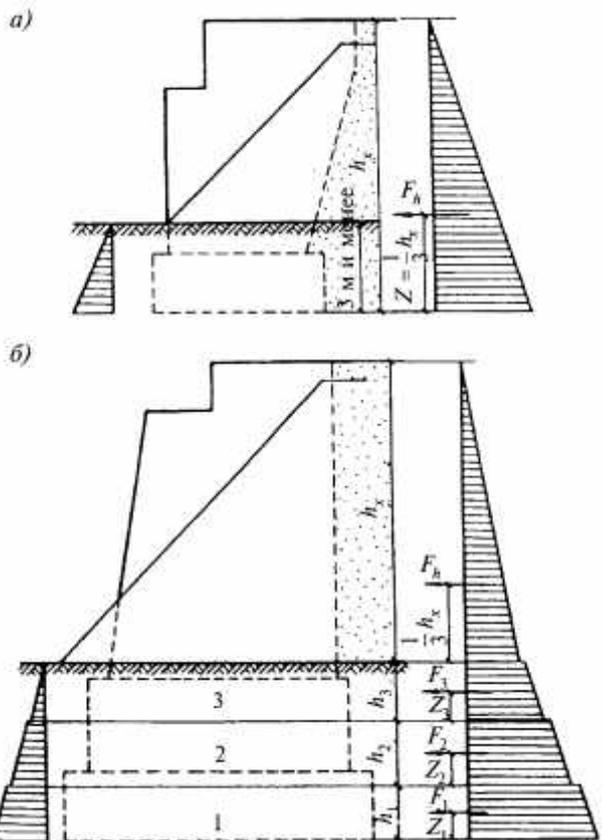
()

()

.1 () F_h
 , , 3
 (.1,),

$$F = \frac{1}{2} p_h h_x b, \quad (.1)$$

p_h - ()
 , 6.6;
 h_x - , ;
 b - (h_x) () , .



1 - ; 2 - ; 3 - ; - , 3
 .1 - ()

$z = \frac{1}{3} h_x$.
 F_h
 b
 b_2 , b_1
 $b_1 > 2 b_2$, b
 b
 b
 b

1 $\gamma_n \varphi_n$ p_h h_x
 2 , () , ()
 3 ()
 4 F_h

.2 () i - () ,

$$F_i = \frac{1}{2} \gamma_i h_i \tau_i (h_i + 2h_{0i}) b, \quad (.2)$$

γ_i - ;
 h_i - ;
 τ_i - ()
 i - ,

$$\tau_i = \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_i}{2} \right); \quad (.3)$$

φ_i - ;
 h_{0i} - ,
 () .1,

$$h_{0i} = \frac{\gamma_x h_x + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3}{\gamma_x} \quad F_i \quad (.4)$$

$$z_i = \frac{h_i}{3} \cdot \frac{h_i + 3h_{0i}}{h_i + 2h_{0i}}, \quad (.5)$$

()

()

.1

()

v

:

$$C_v = 1 + B \left(2 - B \frac{d}{h} \right) \tau_n \operatorname{tg} \varphi_n; \quad (.1)$$

$$B = \frac{3}{\tau_n \operatorname{tg} \varphi_n} \cdot \frac{sa}{h}, \quad (.2)$$

$\varphi_n -$

$\tau_n -$

;

()

,

(6.4) 6.6;

$d -$

()

()

,

$h -$

(6.2)

6.6,

()

;

()

(6.3) 6.6

h_x

()

;

$a -$

()

;

$s -$

,

:

1,2 -

(

-)

1,1 -

()

1,0 -

()

$B > h/d,$

$B = h/d.$

$$C_v^1 = n_v C_v, \quad (.3)$$

$$n_v = 0,01(l/d)^2 + 0,02(l/d) + 0,9, \quad 1 (l -)$$

).

,

,

1.

.2

(

.)

()

()

v

.

()

.1

v

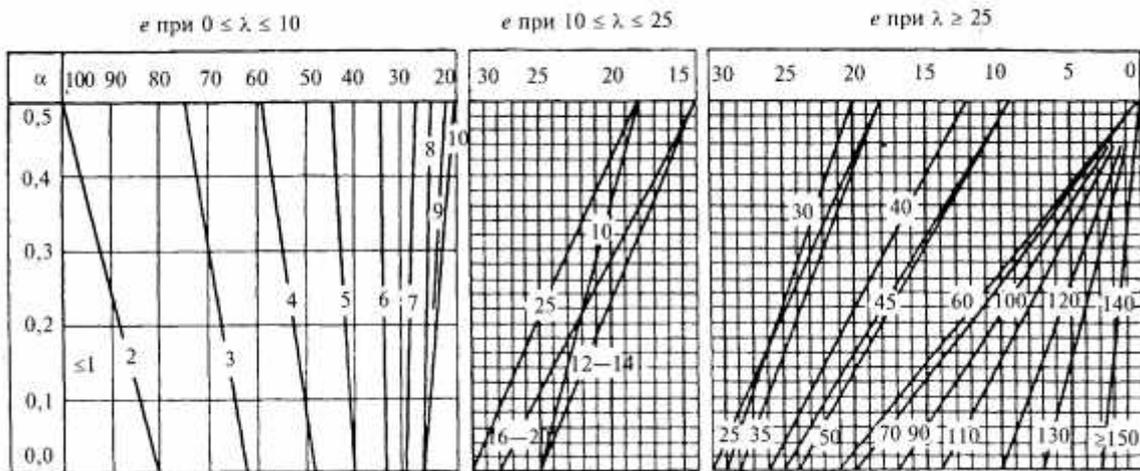
.1.

– , 9,81 , / ,
 6.11.
 .1

λ,	v, / ,			
	= 1		= 14	
	α = 0	α = 0,5	α = 0	α = 0,5
1	49,03	49,03	686,5	686,5
1,5	39,15	34,25	548,1	479,5
2	30,55	26,73	427,7	374,2
3	24,16	21,14	338,3	296,0
4	21,69	18,99	303,7	265,8
5	20,37	17,82	285,2	249,5
6	19,50	17,06	272,9	238,8
7	18,84	16,48	263,7	230,7
8	18,32	16,02	256,4	224,4
9	17,87	15,63	250,2	218,9
10	17,47	15,28	244,5	214,0
12	16,78	14,68	234,9	205,5
14	16,19	14,16	226,6	198,3
16	15,66	13,71	219,3	191,8
18	15,19	13,30	212,7	186,0
20	14,76	12,92	206,6	180,8
25	13,85	12,12	193,9	169,7
30	13,10	11,46	183,4	160,5
35	12,50	10,94	175,0	153,2
40	12,01	10,51	168,2	147,2
45	11,61	10,16	162,6	142,2
50	11,29	9,875	158,0	138,3
60	10,80	9,807	151,1	137,3
70	10,47	9,807	146,6	137,3
80	10,26	9,807	143,6	137,3
90	10,10	9,807	141,4	137,3
100	10,00	9,807	140,0	137,3
110	9,944	9,807	139,3	137,3
120	9,895	9,807	138,6	137,3
130	9,865	9,807	138,1	137,3
140	9,846	9,807	137,9	137,3
150	9,807	9,807	137,3	137,3

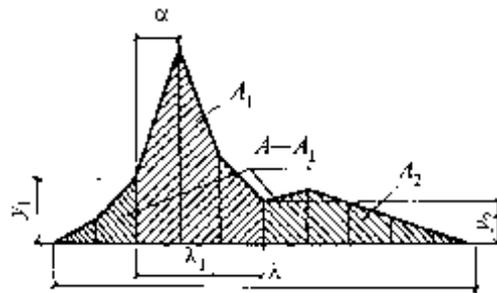
1	1,5 ≤ l ≤ 50 (α = 0 α = 0,5)	λ > 50 (α = 0)
$v = \left(9,807 + \frac{10,787}{e^{0,04\lambda}} + \frac{43,149}{\lambda^2} \right) \left(1 - \frac{\alpha}{4} \right) K ,$		
e = 2,718... –	λ	
α = / λ ≤ 0,5,	v	α = 0,5.
3		

.2
)
 (19,62 /)
 1 v 19,62 / λ 25 α = 0,5
 2 b - 2,7 + h 2,7 + 2h (v/b)
 h -
 .3
 ψ < 1,10
 .4
 ψ 1,10 λ 2
 λ < 50) 1,10 ≤ ψ ≤ 1,40 ()
 (ψ - 1), - .1.



(.I - } r)

$\lambda < 50$ v —
 .1, $\lambda \leq 10$
 , $\alpha = 0,5;$
) $\psi > 1,40$
 .2), λ_1 λ_1
 $\alpha_1);$ $(- 1)$ $(9,81 / \lambda_1$
 v $\lambda \alpha$ $v(1 + 2),$
 $\lambda_1 (.$.2)



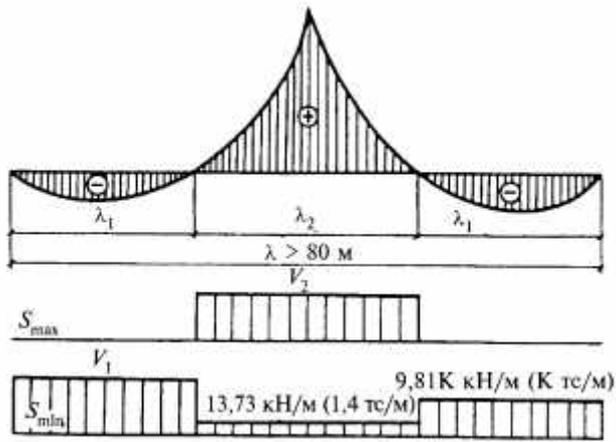
.2 - },
 .5 ()
 , , .
 : $\lambda \alpha$
 , () 80 ;
 - $80 / 9,81$;
 20 $13,73 /$,
 .6 .3 .4.
 .4 .2.

.7

v

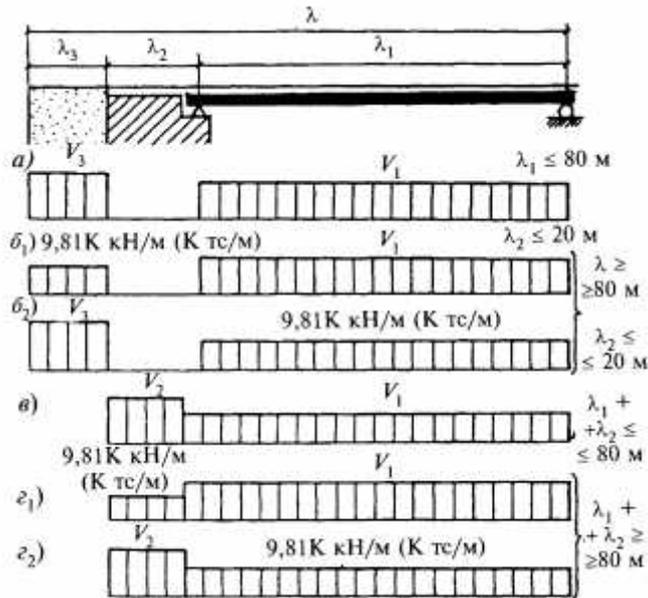
)

)



.3 -

} > 80



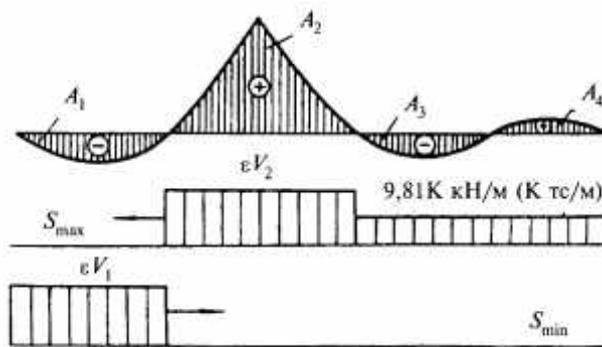
.4 -

.2

(.4)				α	v , /
		λ_1 $\lambda_2 \leq 20$ λ_3	$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \leq 80$	0* - 0,5	v_1 0 $v_3 \leq 19,62$
1		λ_1 $\lambda_2 \leq 20$ λ_3	$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \geq 80$	0 - -	v_1 0 $v_3 = 9,81$
2	»	λ_1 $\lambda_2 \leq 20$ λ_3	$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \geq 80$	- - 0,5	$v_1 = 9,81$ 0 v_3
		λ_1 λ_2	$\lambda_1 + \lambda_2 \leq 80$	0 0,5	v_1 $v_2 \leq 19,62$
1		λ_1 λ_2	$\lambda_1 + \lambda_2 \geq 80$	0 -	v_1 $v_2 = 9,81$
2	»	λ_1 λ_2	$\lambda_1 + \lambda_2 \geq 80$	- 0,5	$v_1 = 9,81$ v_2
*		$\lambda_1 < 25$	$\alpha = 0,5$ (.2).		

.8

() , .5, ε
 (,) , 9,81 / .
 -
 (.5).



.5 -

()

()

,

$\lambda,$									
	-51			-74			-151		
	$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,25$	$\alpha = 0$	$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,25$	$\alpha = 0$	$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,25$	$\alpha = 0$
4	166,7	166,7	177,1	245,2	245,2	245,2	495,2	495,2	495,2
5	133,4	137,8	153,4	196,1	196,1	211,2	396,2	396,2	415,8
6	111,1	123,5	134,3	163,5	168,7	187,0	330,2	330,2	371,0
7	95,2	111,1	119,1	140,1	153,6	167,0	283,0	303,0	333,0
8	88,6	100,7	106,8	122,6	140,2	150,5	247,6	278,3	301,3
9	82,4	91,9	96,7	112,5	128,8	136,9	220,1	256,4	274,6
10	76,7	84,4	88,4	105,6	118,8	125,3	207,9	237,3	252,0
12	67,2	72,6	75,2	93,5	102,7	107,2	185,5	205,9	216,1
15	56,3	59,7	61,5	79,2	85,0	88,0	158,2	171,3	177,8
18	48,3	50,8	52,0	68,4	72,5	74,5	137,3	146,4	150,9
24	37,7	38,9	39,6	53,6	55,9	57,1	108,1	113,2	115,7
30	30,8	31,6	32,1	44,0	45,4	46,2	88,9	92,2	93,8
33	28,1	28,8	29,2	40,3	41,6	42,2	81,7	84,3	85,7
36	26,0	26,6	26,9	37,3	38,2	38,8	75,4	77,8	78,8
48	19,8	20,2	20,3	28,5	29,1	29,4	57,9	59,1	59,8
66	14,6	14,8	14,9	21,1	21,4	21,6	42,9	43,5	43,8
10	76,7	84,4	88,4	105,6	118,8	125,3	207,9	237,3	252,0
12	67,2	72,6	77,6	93,5	102,7	107,2	185,5	205,9	216,1
15	56,3	59,7	71,9	79,2	85,0	100,2	158,2	171,3	182,2
18	50,4	56,3	68,5	71,3	77,8	94,4	137,3	146,4	172,3
24	44,6	51,3	60,5	60,1	70,8	83,4	114,9	129,3	156,9
30	46,3	47,7	57,8	63,5	66,3	79,5	102,0	120,7	142,1
33	46,6	47,3	56,0	63,3	64,5	77,8	107,9	116,4	139,3
36	46,1	46,7	54,0	63,3	64,2	75,4	108,9	113,8	137,2
48	41,6	41,9	46,0	58,3	58,8	65,1	106,7	108,0	123,5
66	34,3	34,5	36,8	48,8	49,1	52,5	93,2	93,8	102,0
18	48,3	50,8	52,0	68,4	72,5	74,5	137,3	146,4	151,0
24	37,7	38,9	40,2	53,6	55,9	57,1	108,1	113,2	115,8
30	30,8	31,6	38,0	44,0	45,4	53,3	88,9	92,3	93,8
33	28,1	29,9	36,9	40,3	42,3	52,1	81,7	84,4	90,2
36	26,0	29,0	35,6	37,3	41,1	50,5	75,4	77,8	88,1
48	21,6	26,8	30,8	30,2	37,9	43,5	57,9	66,2	80,3
66	23,3	23,5	28,4	32,9	33,1	40,4	50,5	59,4	69,3

()
()

.1 () , () :

() .1,)

$$F = F_1 + F_2 = 2,7p_v\tau_n h_1 + p_v\tau_n b (\alpha h - \alpha_1 h_1); \quad (.1)$$

()

(.1,)

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = 1,35p_v\tau_n h_1 + 0,5p_v\tau_n b (\alpha h - \alpha_1 h_1) + 1,35p_v\tau_n h_2 + 0,5p_v\tau_n b_1 (\alpha h - \alpha_2 h_2). \quad (.2)$$

$h_2 = h,$ $\alpha_2 = \alpha.$

$F_1, F_2, F_3, F_4,$ (.1-

), :

$$z_1 = h - \frac{h_1}{2}; \quad (.3)$$

$$z_2 = \frac{h^2 \alpha \xi - h_1 \alpha_1 (h_1 \xi_1 + h - h_1)}{h \alpha - h_2 \alpha_2}; \quad (.4)$$

$$z_3 = h - \frac{h_2}{2};$$

$$z_4 = \frac{h^2 \alpha \xi - h_2 \alpha_2 (h_2 \xi_2 + h - h_2)}{h \alpha - h_2 \alpha_2}, \quad (.5)$$

$p_v = v/2,70 -$ (2,70)

, ;

$v -$, / ,

() ;

$h_1, h_2 -$, ;

$b -$, ;

$b_1 = 2,70 + h_2 -$

$\tau_n -$ ()

6.6.

$\alpha, \alpha_1, \alpha_2, \xi, \xi_1, \xi_2$

h, h_1, h_2 .1.

-

(.2)

$b, b_1, h, h_1, h_2.$

.1

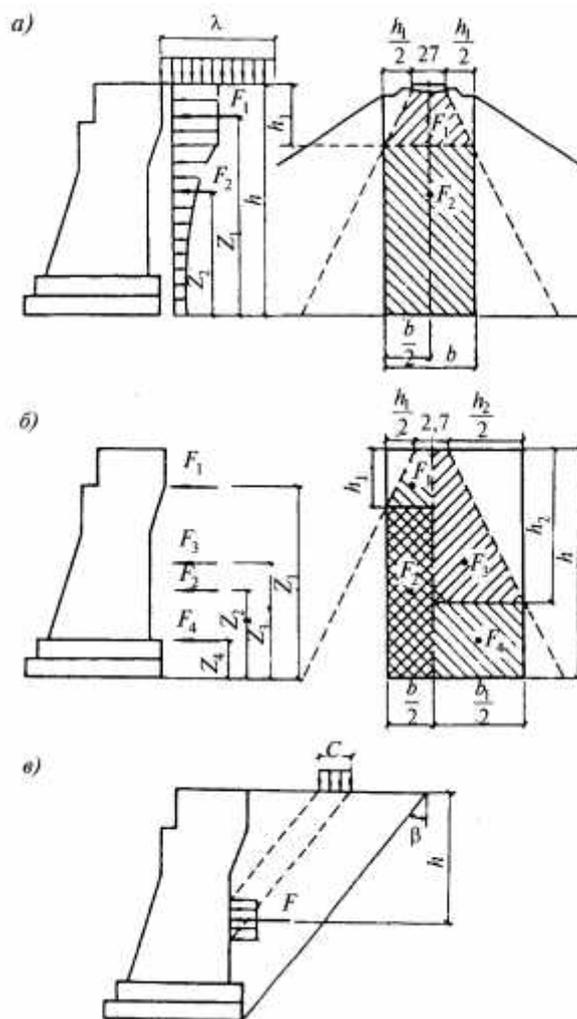
H, h_1, h_2	$\alpha, \alpha_1, \alpha_2$	ξ, ξ_1, ξ_2	h, h_1, h_2	$\alpha, \alpha_1, \alpha_2$	ξ, ξ_1, ξ_2
1	0,85	0,53	16	0,33	0,65
2	0,75	0,55	17	0,32	0,66
3	0,67	0,56	18	0,31	0,66
4	0,61	0,58	19	0,30	0,66
5	0,57	0,59	20	0,29	0,67
6	0,53	0,60	21	0,28	0,67
7	0,49	0,60	22	0,27	0,67
8	0,46	0,61	23	0,27	0,67
9	0,44	0,62	24	0,26	0,68
10	0,42	0,62	25	0,25	0,68
11	0,40	0,63	26	0,25	0,68
12	0,38	0,64	27	0,24	0,68
13	0,37	0,64	28	0,23	0,69
14	0,35	0,64	29	0,23	0,69
15	0,34	0,65	30	0,22	0,69

.2

) :
 - $\times b$,
 - (.1,), , :
 - 0,2;
 - 6.6 6.13;
 - 3,8;
 b - , ()
 , ,)
 , (, b/h (h-), .2.
 ,
 ;
 .2

b/h	α	b/h	α
0,10	0,327	0,60	0,681
0,12	0,360	0,70	0,710
0,14	0,399	0,80	0,735
0,16	0,441	0,90	0,754
0,18	0,487	1,00	0,772
0,20	0,537	1,20	0,810
0,25	0,605	1,50	0,840
0,30	0,684	2,00	0,875
0,35	0,776	3,00	0,900
0,40	0,882	4,00	0,950
0,50	1,000	4,00	1,000

)
 $\times d$, - ,
 , :
 $-h + 1,5$;
 $-h +$, ;
 $-3,8$;
 h , - .2, ;
 d -
 .3) () ()



-
 () ; -) ; - ,
 (-
 , β -)
 .I- () ()

()

	w
1):): 2 4):	2,15 2,55 2,15-2,45 2,80
2):):	1,85 1,60
3):),),):),),),	1,90 2,10 1,50 2,25 2,45 1,70 1,50 1,75
4	1,95
5):):	1,50 1,80
6),),),),),	2,10 1,75 1,40 1,80 2,10
7):):):	3,20 2,40 2,50 1,50

	w
8) :	
) :	2,50
) (	1,80
) 2 4	2,10-3,00
9) :	
) :	1,4
) :	0,8
) :	1,4
;	1,1
;	0,6

()

.1

I : () R_{z1} :

() - 735 ;

- 441 ;

$R_{m1} = 70\%$

)

(« »);

- :

$$R_{zn} = K_n R_{z1}; \quad (.1)$$

$$R_{mn} = 0,7 R_{zn}, \quad (.2)$$

$n -$

$K_n -$

.1.

2.

.1

		K_n
I	- - - -	1
II	- - - -	1,25
III	- - - -	1,75
IV	- - - -	2
	- II III	

.2

$0,3t, t -$

0,8

1 %.

.3

:

$$F_1 = \psi_1 R_{zn} b t, \quad ; \quad (.3)$$

$$F_2 = 1,253 v t \sqrt{\psi_2 A R_{zn}}, \quad , \quad (.4)$$

ψ_1, ψ_2 – , .2;
 R_m – , ;
 b – , ;
 t – , ;
 v – , / ,
 ;
 – , 2,

.2

			45	60	75	90	120	150
ψ_1	0,90	1,00	0,54	0,59	0,64	0,69	0,77	1,00
ψ_2	2,4	2,7	0,2	0,5	0,8	1,0	1,3	2,7

$$= 1,75 l^2, \quad l - , , \quad i \geq 0,007$$

$$A = 1,02 t R_{mn}, \quad (.5)$$

R_{mn} – , .

$$\varphi \leq 80^\circ$$

$$\sin \varphi.$$

.5

) , : F_x , , - ,

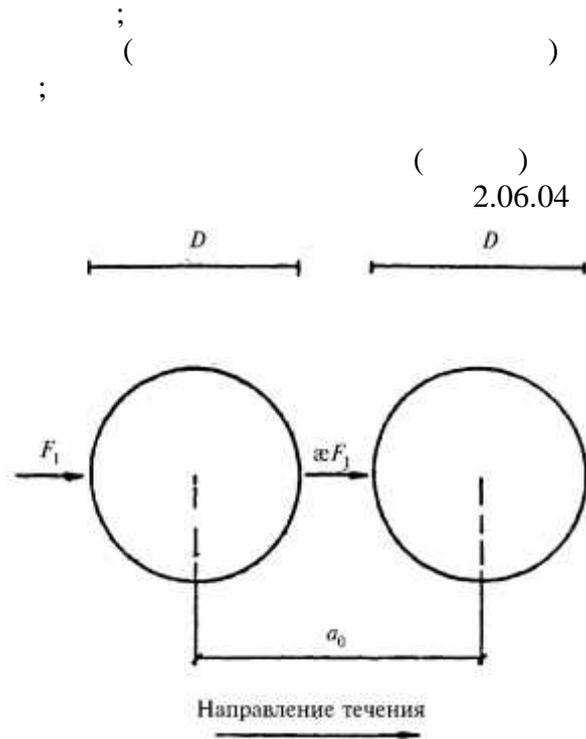
$$(.3)$$

$$F_x = \psi R_{mn} t^2 \operatorname{tg} \beta ; \quad (.6)$$

) F_z , , -

$$F_z = \frac{F_x}{\operatorname{tg} \beta}, \quad (.7)$$

ψ – , $0,2 b/t$, 1;
 β – ;
 R_{mn}, b, t – .1 – .3.
 .6



.1 -

.7

() .1)

()

αF_1 ,

$\alpha -$ () ,

$F_1 -$ () , $D -$);

(.3).

α .3.

.3

a_0/D	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
α	0,200	0,204	0,212	0,230	0,280	0,398	0,472	0,542	0,608

.3

a_0/D	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
α	0,671	0,730	0,785	0,836	0,884	0,928	0,968	1,000
	-							

()

.1

<p>1</p> <p>) :</p> <p>c</p> <p>)</p>	<p>(0,22σ_p/R_{ph} - 0,1) σ_p</p> <p>0,1σ_p - 20</p> <p>0,03σ_p</p> <p>σ_p</p> <p>7.14.</p> <p>-</p> <p>) , (</p>
<p>2</p> <p>(</p> <p>)</p>	<p>25 - 40 - 1,25 Δt;</p> <p>45 - 1,00 Δt,</p> <p>Δt -</p> <p>(),</p> <p>° .</p> <p>Δt</p> <p>65 ° .</p> <p>,</p>
<p>3</p> <p>,</p> <p>) :</p> <p>)</p> <p>)</p>	<p>Δl E_p / l ,</p> <p>Δl -</p> <p>2</p> <p>(Δl₁ + Δl₂) E_p / l ,</p> <p>Δl₁ -</p> <p>0,5 , 2</p> <p>Δl₂ -</p> <p>:</p> <p>,- 2 ;</p> <p>- 1 ; 7 - 8</p> <p>;</p> <p>-</p> <p>98 ;</p> <p>l - (, ;</p> <p>-</p>

.1

<p>4)</p>	<p>$\sigma_p(1 - 1 / e^{\omega x + \delta \theta})$,</p> <p>$\sigma_p -$; ;</p> <p>$\omega, \delta -$, ; .2</p> <p>$\theta -$, ;</p> <p>$\sigma_p(1 - 1 / e^{\delta \theta})$,</p> <p>$\sigma_p -$; ;</p> <p>$\delta -$, 0,25;</p> <p>$\theta -$, .</p> <p>() ,</p>															
<p>5 -</p>	<p>$\eta (\Delta l / l)_{ss}$</p> <p>$\eta -$,</p> <p>$\eta = (n - 1) / (2n)$;</p> <p>$\Delta l -$ -</p> <p>;</p> <p>$l -$;</p> <p>$n -$, ;</p> <p>$s -$.</p> <p>30</p>															
<p>6) :</p> <p>1-5)</p> <p>0,85</p>	<p>$\frac{40\sigma_{bp} / R_{bp}}{32 + 94(\sigma_{bp} / R_{bp} - 0,8)}$ $\sigma_{bp} / R_{bp} \leq 0,8$;</p> <p>$\sigma_{bp} / R_{bp} > 0,8$,</p> <p>.6</p> <p>,</p>															
<p>7) :</p> <p>) :</p> <p>)</p>	<table border="1"> <tr> <td>35</td> <td>40</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>50</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>35</td> <td>40</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>35</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td colspan="3">7.15</td> </tr> </table>	35	40	45	40	50	60	35	40	50	30	35	40	7.15		
35	40	45														
40	50	60														
35	40	50														
30	35	40														
7.15																

.1

8	$150\alpha(\sigma_{bp}/R_{bp}) \quad (\sigma_{bp}/R_{bp}) \leq 0,75;$ $300\alpha(\sigma_{bp}/R_{bp} - 0,375) \quad (\sigma_{bp}/R_{bp}) > 0,75,$ $\sigma_{bp} - \dots \cdot 6$ $R_{bp} - \dots \cdot 1 - 6;$ $\alpha - \dots - 1,0;$ $-0,85$
9	$70 - 0,22 d_{ext}$
3) (d_{ext}	
10	$n(\Delta l/l) \dots$ $n - \dots ;$ $\Delta l - \dots - 0,3 ; \dots$ $l - \dots (\dots - 0,0; \dots)$
$\sigma_1 \quad \sigma_{10}$	

.2

	δ		
	ω		
		$\dots 7,$	
	0,003	0,35	0,40
	0,005	0,55	0,65
	0,0016	0,20	-
	0,003	0,30	-

()

(),

$$M = r_d^2 p(1-\mu)\delta, \quad (.1)$$

$r_d -$, ;
 $-$, :

$$1,3 (p_{vp} + p_{vk}); \quad (.2)$$

$$1,3 p_{vp} + 1,2 p_{vk}, \quad (.3)$$

$p \in p -$, 6.6;
 $p \in k -$,

6.17;

$$\mu = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\Phi_n}{2}\right), \quad (.4)$$

$\Phi_n -$, ;
 $\delta -$,

()

.1.

.1

		δ
	() $\alpha \geq 90^\circ$	0,25
	(,) $\alpha \geq 120^\circ$	0,22
	(,)	0,22

()

.1 ()
 B_g^* , t_i , B_p^*

$$B^* = \frac{kE_b I_{red}}{1 + \varphi_{lim,i}^*}, \quad (.1)$$

$E_b I_{red} -$;
 $k -$, 0,85;

$$\varphi_{lim,i}^* = c_{lim,i} E_{bi} -$$

()
 * (.1)

$\varphi_{lim,i}^*$.2 $\varphi_{lim,i}^*$:

$$B_p^* \quad \varphi_{lim,i}^* = \frac{\Phi_{ii}}{\rho n_1 \mu_p}; \quad (.2)$$

$$B_g^* \quad \varphi_{lim,i}^* = \frac{\Phi_{ii} (1 + \rho n_1 \mu_p) + \Phi_{ii} (\rho - 1) (\rho n_1 \mu_p)^{-1}}{\rho (1 + n_1 \mu_p)}, \quad (.3)$$

$\Phi_{ii} -$, ($t \rightarrow \infty$)
 .3.

.3 $\varphi_{lim,i}^*$:
 $\Phi_{ii} -$, ($t \rightarrow \infty$)

$$\Phi_{ii} = \frac{1,5\alpha}{1,6 + \alpha} + \frac{\alpha (\sigma_{bi} / R_{b,ser})^3}{(1 + \alpha + \beta)^3}, \quad (.4)$$

$$\alpha = \xi \varphi_{ii}; \quad \beta = 125 \varphi_{ii} \frac{R_{b,ser}}{E_b}; \quad \xi = \frac{\rho n_1 \mu_p}{1 + \rho n_1 \mu_p};$$

$$\rho = 1 + \frac{A_b}{I_b} y^2 - ;$$

35.13330.2011

A_b, I_b – ;
 n_1 – ;
 $\mu_p = A_p/A_b$ – ; 7.48:
 $R_{b,ser}, E_b$ – ;
 $s \geq 0,2 A_p$ [$\mu_p = (A_s + A_p)/A_b$];
 7.6
 7.11 (R_{bp} ;),
 $\sigma_{bi}/R_{b,ser}$ – Δt ;
 $\varphi_{ti} = c_{ti}E_b$ – ;
 c_{ti} – (Δt);
 :
 $\Delta t \leq a_m$ $c_{ti} = \frac{c_{lim,i}}{2} \left(\frac{\Delta t}{a_m} \right)^{1/2}$; (.5)
 $\Delta t > a_m$ $c_{ti} = c_{lim,i} \frac{\Delta t}{a_m + \Delta t}$, (.6)
 Δt – , ;
 a_m – ,
 .1.

.1

()	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	20,0
a_m	55	80	110	135	165	190	250

23-01 (a_m) – 10 %, IV , 35 %,
 lim,i – ;
 7.32.

()

.1 m_1 :

$$m_1 = 0,17 \left(\frac{D}{d} \right)^{0,264} e^{-0,000125 \frac{D}{d}}, \quad (.1)$$

$D = 2R;$
 $R -$

, d
 1470–1765 ; $D/d \geq 580 \quad m_1 \geq 0,85;$
 $m_1 = 1$ -

$D,$, :

$$\frac{D}{d_s} \geq 0,7d_s + 15; \quad 10 \leq d_s \leq 50;$$

$$\frac{D}{d_s} > 52; \quad d_s > 50,$$

$d_s -$, . q
 m_1 .1.

.1

$q, /$	1	2	4,9	9,8	14,7	19,6
m_1	1	0,99	0,98	0,96	0,93	0,85

.2 m_1

:

5 $- m_1 = 0,95;$

4 $- m_1 = 1;$

,
 $- m_1 = 1;$

$- m_1 = 1.$

Приложение Ф
(обязательное)

Коэффициенты для расчета по устойчивости стержней и балок

Таблица Ф.1

Гибкость $\lambda, \lambda_{\text{ср}}, \lambda_{\text{ср}}^{\text{эф}}$	Коэффициенты $\varphi, \varphi_0, \varphi_0^*$ для расчета по устойчивости стержней и балок из стали с классом прочности С235 по ГОСТ 6713 и ГОСТ 14637, ГОСТ 535 при приведенном относительном эксцентриситете $e_{\text{пр}}$												
	0	0,10	0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00
0	0,93	0,85	0,79	0,68	0,60(0,58)	0,52(0,50)	0,43(0,41)	0,35	0,30	0,27	0,24	0,21	0,17
10	0,92	0,84	0,78	0,68(0,67)	0,60(0,57)	0,52(0,50)	0,42(0,40)	0,35	0,30	0,26	0,23	0,21	0,17
20	0,90	0,83	0,77(0,76)	0,67(0,66)	0,58(0,56)	0,50(0,49)	0,41(0,40)	0,34	0,29	0,26	0,23	0,21	0,17
30	0,88	0,81	0,76(0,73)	0,65(0,63)	0,56(0,54)	0,49(0,47)	0,40(0,39)	0,33	0,29	0,25	0,22	0,21	0,17
40	0,85	0,79(0,77)	0,73(0,70)	0,63(0,61)	0,54(0,52)	0,47(0,45)	0,39(0,38)	0,32	0,28	0,24	0,22	0,20	0,17
50	0,85(0,80)	0,76(0,73)	0,70(0,65)	0,60(0,57)	0,51(0,49)	0,45(0,43)	0,37(0,36)	0,31	0,27	0,24	0,22	0,20	0,16
60	0,78(0,73)	0,72(0,66)	0,66(0,60)	0,57(0,53)	0,49(0,46)	0,43(0,41)	0,35(0,34)	0,30	0,26	0,23	0,21	0,19	0,16
70	0,74(0,66)	0,67(0,60)	0,62(0,54)	0,54(0,48)	0,46(0,42)	0,41(0,38)	0,34(0,32)	0,29	0,25	0,22	0,20	0,19	0,16
80	0,69(0,60)	0,62(0,54)	0,57(0,49)	0,50(0,43)	0,43(0,39)	0,38(0,36)	0,32(0,31)	0,28	0,24	0,22	0,20	0,19	0,15
90	0,63(0,54)	0,56(0,49)	0,51(0,44)	0,45(0,40)	0,40(0,36)	0,36(0,33)	0,30(0,28)	0,26	0,23	0,21	0,19	0,18	0,15
100	0,56(0,49)	0,49(0,44)	0,45(0,40)	0,41(0,37)	0,37(0,33)	0,33(0,30)	0,29(0,26)	0,25	0,22	0,20	0,19	0,17	0,14
110	0,49(0,44)	0,43(0,40)	0,41(0,37)	0,37(0,34)	0,34(0,31)	0,31(0,29)	0,27(0,25)	0,24	0,21	0,19	0,18	0,16	0,14
120	0,43(0,41)	0,39(0,37)	0,37(0,34)	0,34(0,31)	0,31(0,28)	0,29(0,27)	0,25(0,23)	0,22	0,20	0,18	0,17	0,15	0,13
130	0,38(0,37)	0,35(0,34)	0,33(0,31)	0,31(0,29)	0,29(0,27)	0,26(0,25)	0,23(0,22)	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13
140	0,34	0,31	0,30(0,29)	0,28(0,27)	0,26(0,25)	0,24(0,23)	0,21	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,12
150	0,31	0,28	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12
160	0,28	0,26	0,24	0,23	0,22	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,14	0,12	0,11
170	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11
180	0,23	0,21	0,20	0,19	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10
190	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10
200	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10

Примечание – Для прокатных двутавров с параллельными гранями полок и сварных элементов двутаврового и Н-образного сечений коэффициенты $\varphi, \varphi_0, \varphi_0^*$ по настоящему приложению применяются при собственных остаточных сжимающих напряжениях на кромках полок не более 49 МПа. Для элементов указанного типа с собственными остаточными сжимающими напряжениями на кромках полок свыше 49 МПа при расчете по устойчивости в плоскости полок принимаются коэффициенты $\varphi, \varphi_0, \varphi_0^*$, указанные в скобках.

Таблица Ф.2

Глубкость $\lambda_x, \lambda_y,$ λ_x, λ_y	Коэффициенты $\varphi, \varphi_x, \varphi_y$ для расчета по устойчивости стержней и балок из стали с классами прочности С325–С345 по ГОСТ 6713 и ГОСТ 19281 при приведенном относительном эксцентриситете e_d													
	0	0,10	0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00	
0	0,93	0,86	0,78	0,69	0,62	0,54	0,44	0,34	0,28	0,24	0,22	0,20	0,17	
10	0,92	0,84	0,77	0,68	0,60	0,52	0,43	0,34	0,28	0,24	0,22	0,20	0,17	
20	0,90	0,83	0,76	0,66	0,58	0,51	0,41	0,33	0,28	0,24	0,22	0,20	0,17	
30	0,88	0,81	0,73	0,63	0,56(0,55)	0,49(0,48)	0,40(0,39)	0,32	0,27	0,24	0,21	0,19	0,16	
40	0,85(0,84)	0,77(0,76)	0,69(0,68)	0,59(0,58)	0,52(0,51)	0,46(0,45)	0,38(0,37)	0,31	0,26	0,23	0,21	0,19	0,16	
50	0,80(0,78)	0,72(0,70)	0,64(0,62)	0,54(0,52)	0,48(0,46)	0,43(0,42)	0,36(0,35)	0,30	0,25	0,22	0,21	0,19	0,16	
60	0,74(0,71)	0,66(0,63)	0,58(0,56)	0,48(0,46)	0,43(0,41)	0,39(0,38)	0,33(0,32)	0,28	0,25	0,22	0,20	0,18	0,15	
70	0,67(0,63)	0,58(0,55)	0,51(0,49)	0,43(0,41)	0,39(0,37)	0,35(0,34)	0,32(0,31)	0,27	0,23	0,21	0,20	0,18	0,15	
80	0,58(0,53)	0,50(0,46)	0,45(0,42)	0,38(0,35)	0,35(0,33)	0,32(0,31)	0,30(0,29)	0,25	0,22	0,20	0,18	0,17	0,14	
90	0,48(0,43)	0,43(0,39)	0,40(0,37)	0,34(0,31)	0,31(0,29)	0,29(0,28)	0,27(0,26)	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,14	
100	0,40(0,36)	0,38(0,34)	0,35(0,32)	0,31(0,29)	0,28(0,26)	0,26(0,25)	0,25(0,24)	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,13	
110	0,35(0,32)	0,33(0,30)	0,31(0,29)	0,28(0,26)	0,25(0,24)	0,23(0,22)	0,23(0,22)	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,13	
120	0,30(0,28)	0,29(0,27)	0,27(0,26)	0,25(0,24)	0,23(0,22)	0,22(0,21)	0,21(0,20)	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,12	
130	0,27(0,25)	0,25(0,24)	0,24(0,23)	0,22(0,21)	0,21(0,20)	0,19(0,18)	0,19(0,18)	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	
140	0,24(0,23)	0,23(0,22)	0,22(0,21)	0,20(0,19)	0,19(0,18)	0,18(0,17)	0,17(0,16)	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,11	
150	0,22	0,21	0,20	0,18	0,17	0,17	0,15	0,14	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	
160	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	
170	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,09	
180	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	
190	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	
200	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	

Примечание – См. примечание к таблице Ф.1.

Таблица Ф.3

Глубоость $\lambda, \lambda_{\text{нр}}$ $\lambda_{\text{нр}} \lambda_{\text{нр}}$	Коэффициенты $\varphi, \varphi_0, \varphi_0$ для расчета по устойчивости стержней и балок из стали с классами прочности С390 по ГОСТ 6713 и 390-14Г2АФД, 390-15Г2АФД по ГОСТ 19281 при приведенном относительном эксцентриситете e_d												
	0	0,10	0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00
0	0,93	0,86	0,78	0,70	0,63	0,55	0,45	0,35	0,29	0,25	0,23	0,21	0,18
10	0,92	0,84	0,77	0,68	0,60	0,52	0,43	0,34	0,28	0,24	0,22	0,20	0,17
20	0,90	0,83	0,76	0,66	0,58	0,51	0,41	0,33	0,28	0,24	0,22	0,20	0,17
30	0,88	0,81	0,73	0,63	0,55	0,48	0,39	0,32	0,27	0,24	0,21	0,19	0,16
40	0,84(0,83)	0,76(0,75)	0,68(0,67)	0,58(0,57)	0,51(0,50)	0,45(0,44)	0,37(0,36)	0,31(0,30)	0,26(0,25)	0,23(0,22)	0,21(0,20)	0,19(0,18)	0,16(0,15)
50	0,79(0,77)	0,71(0,69)	0,63(0,61)	0,53(0,51)	0,47(0,45)	0,43(0,41)	0,36(0,34)	0,31(0,29)	0,26(0,24)	0,23(0,21)	0,21(0,20)	0,19(0,18)	0,16(0,15)
60	0,73(0,70)	0,65(0,62)	0,58(0,55)	0,48(0,45)	0,43(0,40)	0,40(0,37)	0,34(0,31)	0,30(0,27)	0,26(0,24)	0,23(0,21)	0,21(0,19)	0,19(0,17)	0,16(0,14)
70	0,63(0,59)	0,55(0,51)	0,49(0,45)	0,41(0,37)	0,39(0,33)	0,36(0,30)	0,31(0,25)	0,29(0,23)	0,25(0,19)	0,23(0,17)	0,21(0,16)	0,19(0,14)	0,16(0,11)
80	0,53(0,49)	0,46(0,42)	0,42(0,38)	0,35(0,31)	0,33(0,29)	0,31(0,27)	0,26(0,22)	0,25(0,21)	0,22(0,18)	0,20(0,16)	0,18(0,14)	0,17(0,13)	0,14(0,10)
90	0,43(0,38)	0,39(0,34)	0,37(0,32)	0,31(0,26)	0,29(0,24)	0,28(0,23)	0,24(0,19)	0,23(0,18)	0,21(0,16)	0,19(0,14)	0,18(0,13)	0,17(0,11)	0,14(0,09)
100	0,35(0,32)	0,33(0,30)	0,31(0,28)	0,26(0,23)	0,25(0,22)	0,24(0,21)	0,21(0,18)	0,20(0,17)	0,19(0,15)	0,19(0,14)	0,18(0,13)	0,17(0,11)	0,14(0,08)
110	0,30(0,27)	0,28(0,25)	0,27(0,24)	0,23(0,20)	0,22(0,19)	0,20(0,17)	0,18(0,15)	0,18(0,15)	0,17(0,14)	0,15(0,12)	0,15(0,11)	0,15(0,10)	0,13(0,08)
120	0,26(0,24)	0,25(0,23)	0,24(0,22)	0,21(0,19)	0,20(0,18)	0,19(0,17)	0,16(0,14)	0,16(0,14)	0,15(0,13)	0,14(0,12)	0,13(0,11)	0,12(0,10)	0,10(0,08)
130	0,23(0,21)	0,22(0,21)	0,21(0,19)	0,19(0,17)	0,18(0,16)	0,17(0,15)	0,15(0,13)	0,15(0,13)	0,14(0,12)	0,13(0,11)	0,12(0,11)	0,11(0,09)	0,10(0,08)
140	0,21(0,20)	0,20(0,19)	0,19(0,18)	0,17(0,16)	0,16(0,15)	0,16(0,15)	0,14(0,13)	0,14(0,13)	0,13(0,12)	0,12(0,11)	0,11(0,10)	0,11(0,09)	0,09(0,08)
150	0,19	0,18	0,17	0,15	0,14	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07
160	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07
170	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06
180	0,13	0,13	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06
190	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05
200	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05

Примечание – См. примечание к таблице Ф.1.

y

$$e_{ef} = \frac{\eta}{\bar{\lambda}} e_{rel}$$

16.13330,

$$\bar{\lambda} = \lambda \alpha_R,$$

$\alpha_R -$

,

.4,

$m = e_{rel}$.

.4

		α_R
235	20	0,0324
	21 - 40	0,0316
	41 - 60	0,0309
325- 345	8 - 32	0,0378
	33 - 50	0,0372
390	8 - 50	0,0412

() ,

.1 (-), () ,

,) ,

. :

- ;

$h_{ef} -$, :

, h_w , b_f -

;

() $h_1 \quad h_n$

$h_i (i = 2; 3; 4; 5...);$

, $h_1 \quad h_n$

$h_i (i = 2; 3; 4; 5...);$

$t -$;

$t_1, b_1 -$,

;

() $\zeta_1 t_1,$

, $1/2 \zeta_2 t_1,$

($\zeta_1 \quad \zeta_2$

8.55);

$\xi = 1 - \frac{\bar{\sigma}_x}{\sigma_x}, \quad \sigma_x \quad \bar{\sigma}_x$.2;

$\mu = \frac{a}{h_{ef}};$

$\gamma = \beta \frac{b_1}{h_{ef}} \left(\frac{t_1}{t} \right)^3, \quad \beta -$.1.

$t_1 \quad b_1$,

,

.1

	β
	0,3
	0,5
	0,8
	2,0
	1,5
	20

.2

– σ_x, σ_y, τ_{xy}.

σ_x, σ_y, τ_{xy}

(σ_x)

$\bar{\sigma}_x$

:

$$\sigma_x = \frac{N}{A} \pm \frac{M_m}{I_x} y_{\max}; \quad (.1)$$

$$\bar{\sigma}_x = \frac{N}{A} \pm \frac{M_m}{I_x} y_{\min}, \quad (.2)$$

y_{max}, y_{min} –

() ;

m –

$$\mu \leq 1;$$

;

τ_{xy}

:

$$\tau_{xy} = \frac{2}{3} \tau_{\max}, \quad (.3)$$

$$\tau_{\max} = \frac{Q_m S_{\max}}{t I_x}; \quad (.4)$$

$$\tau = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2}. \quad (.5)$$

(.4) (.5):

Q_m – ,
 τ_1, τ_2 – m ;
 S . (.3) S_{max}

σ_y (),

$$\sigma_y = \frac{P}{t}, \quad (.6)$$

$$\sigma_y = \frac{F}{tl_{ef}}, \quad (.7)$$

l_{ef} – l_{ef} :

$$l_{ef} = c^3 \sqrt{\frac{I}{t}}, \quad (.8)$$

– , 3,25,
 – 3,75,
 I – – 4,5;
 $2h$ (h –),

$$\sigma_y = \frac{P}{t} (1 - 3v^2 + 2v^3); \quad (.9)$$

$$\sigma_y = \frac{2F}{\pi t l_{ef}} \left[\arctg \frac{\alpha}{v} - 3v^2 \left(1 - \frac{2}{3}v \right) \arctg \alpha \right]. \quad (.10)$$

(.9) (.10):

$$\alpha = 0,5 \frac{l_{ef}}{h_w}; \quad v = \frac{h_0}{h_w},$$

h_0 – , ;
 h_w – .
 .3 $\sigma_{x,cr}, \sigma_{y,cr}, \tau_{xy,cr}, \sigma_{x,cr, f}, \sigma_{y,cr,ef}, \tau_{xy,cr,ef}$

$\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$. $\sigma_{x,cr, f}, \sigma_{y,cr,ef}, \tau_{xy,cr,ef}$
 ()

.2, .4 – .13

.4 ,

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{\omega_1 \sigma_{x,cr}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{y,cr}}\right)^2 + \left(\frac{0,9 \tau_{xy}}{\omega_2 \tau_{xy,cr}}\right)^2} \leq 1, \quad (.11)$$

$\sigma_{x,cr}, \sigma_{y,cr}$ – ;
 $\tau_{xy,cr}$ – ;
 ω_1 – , .2;
 $\omega_2 = 1 + 0,5 \left(\frac{h_w}{200t} - 0,5 \right)$ – ,
 $h_w/t > 100$.

.2

ξ	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
ω_1	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,30	1,40

$\sigma_{x,cr}, \sigma_{y,cr}, \tau_{xy,cr}$

.3 $\sigma_{x,cr, f}, \sigma_{y,cr,ef}, \tau_{xy,cr,ef}$
 .4.1 – .4.3. $\tau_{xy,cr}$
 :

$$\sigma_{x,cr} = \frac{\tau_{xy,cr}}{0,6}; \quad \sigma_{x,cr,ef} = \frac{\tau_{x,cr,ef}}{0,6}.$$

.3

	$\sigma_{x,cr,ef}$	$\sigma_{x,cr}$ $\sigma_{y,cr}$
235	0–196	$\sigma_{x,cr} = 0,9 \sigma_{x,cr,ef} m$
	196–385	$\sigma_{x,cr} = [-170,7(\sigma_{x,cr,ef}/)^2 + 0,6375(\sigma_{x,cr,ef}/) + 0,4048 \cdot 10^{-3}] Em$
	385	$\sigma_{x,cr} = [0,03114(\sigma_{x,cr,ef}/) + 0,9419 \cdot 10^{-3}] Em$
325– 345	0–207	$\sigma_{x,cr} = 0,9 \sigma_{x,cr,ef} m$
	207–524	$\sigma_{x,cr} = [-201,2(\sigma_{x,cr,ef}/)^2 + 1,024(\sigma_{x,cr,ef}/) + 0,0795 \cdot 10^{-3}] Em$
	524	$\sigma_{x,cr} = [0,03572(\sigma_{x,cr,ef}/) + 1,290 \cdot 10^{-3}] Em$
390	0–229	$\sigma_{x,cr} = 0,9 \sigma_{x,cr,ef} m$
	229–591	$\sigma_{x,cr} = [-215,8(\sigma_{x,cr,ef}/)^2 + 1,238(\sigma_{x,cr,ef}/) - 0,1091 \cdot 10^{-3}] Em$
	591	$\sigma_{x,cr} = [0,03677(\sigma_{x,cr,ef}/) + 1,561 \cdot 10^{-3}] Em$
* $\sigma_{x,cr,ef}$ $\sigma_{y,cr,ef}$ m –		$\sigma_{x,cr}$ $\sigma_{y,cr}$ 8.15.

.4.1

$$\sigma_{x,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \chi \varepsilon \left(\frac{100t}{h_{ef}} \right)^2 E, \quad (.12)$$

χ – , 1,4, – 4;
– , .5.

.4

γ	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	10,0	10
χ	1,21	1,33	1,46	1,55	1,60	1,63	1,65

.5

ξ	ε μ									
	0,4	0,5	0,6	0,67	0,75	0,8	0,9	1,0	1,5	2
0	8,41	6,25	5,14	4,75	4,36	4,2	4,04	4,0	4,34	4,0
0,67	10,8	8,0	7,1	6,6	6,1	6,0	5,9	5,8	6,1	5,8
0,80	13,3	9,6	8,3	7,7	7,1	6,9	6,7	6,6	7,1	6,6
1,00	15,1	11,0	9,7	9,0	8,4	8,1	7,9	7,8	8,4	7,8
1,33	18,7	14,2	12,9	12,0	11,0	11,2	11,1	11,0	11,5	11,0
2,00	29,1	25,6	24,1	23,9	24,1	24,4	25,6	24,1	24,1	23,9
3,00	54,3	54,5	58,0	53,8	53,8	53,8	53,8	53,8	53,8	53,8
4,00	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7

4.2

$\sigma_{y,cr,ef}$

$$\sigma_{y,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \zeta \chi z \left(\frac{100t}{a} \right)^2 E, \quad (.13)$$

$\zeta -$, , .6 - ;
 $\chi -$, .7;
 $z -$, .8.
 .6

μ	ζ ρ											
	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,25	0,30	0,35
0,5	1,70	1,67	1,65	1,63	1,61	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
0,6	1,98	1,93	1,89	1,85	1,82	1,80	1,79	1,78	1,76	1,72	1,71	1,69
0,7	2,23	2,17	2,11	2,06	2,02	1,98	1,96	1,93	1,89	1,82	1,79	1,76
0,8	2,43	2,35	2,28	2,22	2,17	2,12	2,10	2,05	2,01	1,91	1,86	0,82
0,9	2,61	2,51	2,43	2,36	2,30	2,24	2,21	2,16	2,11	1,98	1,92	1,87
1,0	2,74	2,64	2,55	2,47	2,40	2,34	2,31	2,24	2,17	2,04	1,97	0,91
1,2	2,79	2,68	2,59	2,51	2,43	2,37	2,33	2,26	2,19	2,05	1,98	1,91
1,4	2,84	2,73	2,63	2,54	2,46	2,39	2,35	2,28	2,21	2,05	1,98	1,91
1,5	2,86	2,75	2,65	2,56	2,48	2,41	2,37	2,30	2,22	2,07	1,99	1,91
2,0	2,86	2,75	2,65	2,55	2,47	2,40	2,36	2,28	2,20	2,05	1,96	1,88

.6 : $\rho = 1,04 l_{ef}/h_{ef}$.

.7

γ	χ μ					
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
0,25	1,19	1,19	1,20	1,20	1,19	1,18
0,5	1,24	1,29	1,30	1,32	1,32	1,32
1,0	1,28	1,36	1,41	1,47	1,52	1,56
4,0	1,32	1,45	1,57	1,73	1,97	2,21
10	1,34	1,49	1,65	1,88	2,51	2,95

.8

μ	z	μ	z
0,4	4,88	1,2	6,87
0,5	5,12	1,4	7,69
0,6	5,37	1,6	8,69
0,7	5,59	1,8	9,86
0,8	5,80	2,05	11,21
1,0	6,26	2,5	15,28

.3

$\tau_{xy,cr,ef}$

$$\tau_{xy,cr,ef} = 0,476 \cdot 10^{-6} \chi \left(1020 + \frac{760}{\mu_1^2} \right) \left(\frac{100t}{d} \right)^2 E, \quad (.14)$$

$d -$ (h_{ef});
 $\mu_1 -$, $\mu > h_{ef}$ $1/\mu < h_{ef}$;
 $\chi -$,

.9 -

.9

γ	$\chi \quad \mu$				
	0,5	0,67	1,0	2,0	2,5
0,25	1,014	1,063	1,166	1,170	1,192
0,5	1,016	1,075	1,214	1,260	1,300
1,0	1,017	1,081	1,252	1,358	1,416
2,0	1,018	1,085	1,275	1,481	1,516
5,0	1,018	1,088	1,292	1,496	1,602
10,0	1,018	1,088	1,298	1,524	1,636
10	1,018	1,089	1,303	1,552	1,680

.5

$$\frac{\sigma_x}{\omega_1 \sigma_{x,cr}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{y,cr}} + \left(\frac{0,9 \tau_{xy}}{v_2 \tau_{xy,cr}} \right)^2 \leq 1, \quad (.15)$$

$\omega_1 -$, .2;

$\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy} -$, .2;

$\sigma_{x,cr}, \sigma_{y,cr}, \tau_{xy,cr} -$, .4;

(.11), $\omega_2 = 1.$

.5.1

(.12),

$\sigma_{x,cr, f}$
 χ

:

:

- $\chi = 1,3;$

- $\chi = 1,35;$

- .10;

- $\chi = 1.$

.10

γ	0,5	1,0	2,0	5,0	10
χ	1,16	1,22	1,27	1,31	1,35

.5.2

$\sigma_{x,cr, f}$

$$\sigma_{y,cr,ef} = 9,05 \cdot 10^{-5} \chi \frac{(1 + \mu^2 i^2)^2}{\mu^2 i^2} \left(\frac{100t}{a} \right)^2 E, \quad (.16)$$

$i -$, 1,0 $\mu = a/h_1 \geq 0,7$ 2,0
0,7 > μ > 0,4;

$\chi -$, .11

,

.12 -

,

.11

μ	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0
χ	1,07	1,18	1,31	1,52	1,62

.12

γ	χ μ								
	0,5	0,6	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
2	1,06	1,07	1,13	1,17	1,31	1,32	1,29	1,25	
4	1,06	1,07	1,14	1,19	1,38	1,44	1,43	1,39	

$\sigma_{x,cr, f}$

(.7), (.16)

1,55; $a > 2h_1 + 2l_{ef}$, $\mu = \frac{2h_1 + 2l_{ef}}{h_1}$.

$\sigma_{x,cr, f}$

: $\chi = 1$;

z - .8; $\zeta -$.6 $\rho = 0,35$.

(.13),

.5.3

$\tau_{x,cr, f}$

(.14),

χ

$$\chi_1 = \frac{1 + \chi}{2},$$

- $\chi = 1$.

.6

:

(.15)

(.12), (.16) (.14) $\sigma_{x,cr,ef}, \sigma_{y,cr,ef}, \tau_{xy,cr,ef}$

;

$\chi = 1$;

(.12), (.16) (.14) $\sigma_{x,cr, f}, \sigma_{y,cr,ef}, \tau_{xy,cr,ef}$ (.11),

$\omega_1 = 1$,

.5.

$$\sqrt{\frac{\sigma_y}{\sigma_{y,cr}} + \left(\frac{0,9\tau_{xy}}{\tau_{xy,cr}}\right)^2} \leq 1, \quad (.17)$$

$\sigma_{y,cr,ef}, \tau_{xy,cr}$ -

$\sigma_{y,cr,ef}, \tau_{xy,cr,ef}$

.4,

$\sigma_{y,cr,ef}$

$$\sigma_{y,cr,ef} = 0,476 \cdot 10^{-6} \delta \left(\frac{100t}{a}\right)^2 E, \quad (.18)$$

$\delta -$

.13.

.13

	a/h_{ef}								
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,5	2,0	
	1240	1380	1520	1650	1820	2240	3860	6300	
	920	970	1020	1060	1100	1190	1530	2130	
	- h_{ef}			.1.					

$$\tau_{xy,cr,ef} = 0,476 \cdot 10^{-6} \left(1250 + \frac{950}{\mu_1^2} \right) \left(\frac{100t}{d} \right)^2 E ; \quad (.19)$$

$$\tau_{xy,cr,ef} = 0,476 \cdot 10^{-6} \left(1020 + \frac{760}{\mu_1^2} \right) \left(\frac{100t}{d} \right)^2 E , \quad (.20)$$

$d - \mu_1 - .7$ (h_{ef}); $\mu > h_{ef} \quad 1/\mu < h_{ef}$.

$$\frac{1,1\sigma_x}{\omega_1\sigma_{x,cr}} + \frac{1,1\sigma_y}{\sigma_{y,cr}} + \left(\frac{\tau_{xy}}{\tau_{xy,cr}} \right)^2 \leq 1, \quad (.21)$$

$\sigma_x - N$ $m,$ $-.2;$ $\omega_1 - .2;$ $\sigma_y, \tau_{xy} - .2;$ $\sigma_{x,cr}, \sigma_{y,cr}, \tau_{xy,cr} - .4.$ $\sigma_{x,cr}, f, \sigma_{y,cr,ef}, \tau_{xy,cr,ef}$

.4 - .6.

()

.1

	β	
	C235	325- 390
1	1,0	1,0
2	1,1 1,0	1,2 1,0
3	1,3 1,1 1,3 _{mf} 1,4 _{mf} 1,5 _{mf} 1,5 _{mf} 1,6 _{mf} 1,7 _{mf} 2,2 _{mf}	1,5 1,3 1,5 _{mf} 1,6 _{mf} 1,7 _{mf} 1,8 _{mf} 1,9 _{mf} 2,5 _{mf}
4	1,5	1,8
5	1,0 1,2 1,3 1,6	1,0 1,4 1,5 1,9

.1

	β	
	C235	325– 390
6) , : b: ≥ 2 (b	2,3	3,2
) , b: = 1,5	2,7	3,7
) b: ≥ 2	1,2	1,4
) , b: = 1,5	1,6	1,9
7 ,	3,4	4,4
8) , : - :	1,6	1,8
)	1,3	1,5
)	1,0	1,1
9 , ,	1,0	1,0
10 : , ,	1,2	1,4
) , ,	1,3	1,6
) , 1:8 1:4	1,2	1,4
) () - 1:1 ,	1,2	1,4

.1

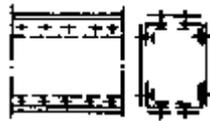
		β	
		C235	325– 390
11			
)	: « »	- 1,1	1,3
)		- 1,3	1,5
)« »		1,6	1,8
12	:		
)		1,0	1,2
)	, ()	- 1,2	1,4
13	:		
)	, :	2,3	3,2
)		1,9	2,4
)		3,4	4,4
)		1,5	1,7
)		- 1,7	1,9
14	,		
)	:	- 2,4	2,7
)	,	1,6	1,8
)	-	1,5	1,65
15	:		
)		6,4	7,1
)	, ,	3,8	4,2
16	,		
)	:		

.1

		β	
		C235	325– 390
)	-	1,6	1,8
	,		
)	,	1,8	2,0
	-	1,5	1,65
)	,		
	-		
)	,	1,7	1,9
17	:		
)	V- 15–20	2,2	2,4
)	-	1,3	1,5
18	:		
)	,	1,2	1,3
	,		
)		1,1	1,2
19	:		
)	,	2,2	2,5
	,		
)	-	2,2	2,4
	,		
)	,	2,1	2,3
	,		
20	-		
)	,		
	:	2,8	3,1
)	,		
	,	2,1	2,3
)	,		
	,		

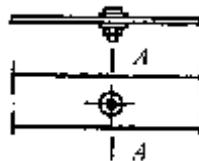
.1

	β	
	C235	325- 390
)	1,9	2,1
<p>1 m_f - ,</p> <p>2 .3 n :</p> <p>(.3, , ,);</p> <p>(.3,).</p>		



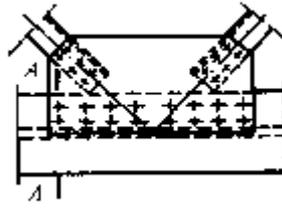
.1 -

,



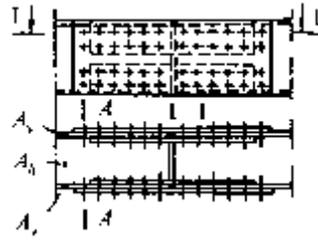
.2 -

,



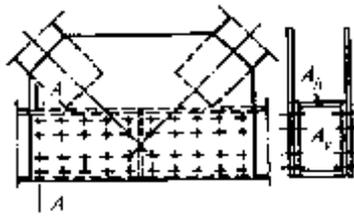
. 3 -

-



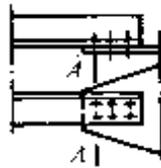
. 4 -

-



. 5 -

-



. 6 -

-

.2

						β_s
1						1,1
2						1,3
3						1,1
4						
	)	40	(	5	()
	:					
		$q = N/r \leq 1$	/			
	$t \geq 1$			$q = N/r \leq 2$	/	
5.						
	:					
	$q \leq 1$	/				
	$q \leq 2$	/			$t \geq 1$	
						1,1
						1,1
	$N-$					
	$r-$					

.3

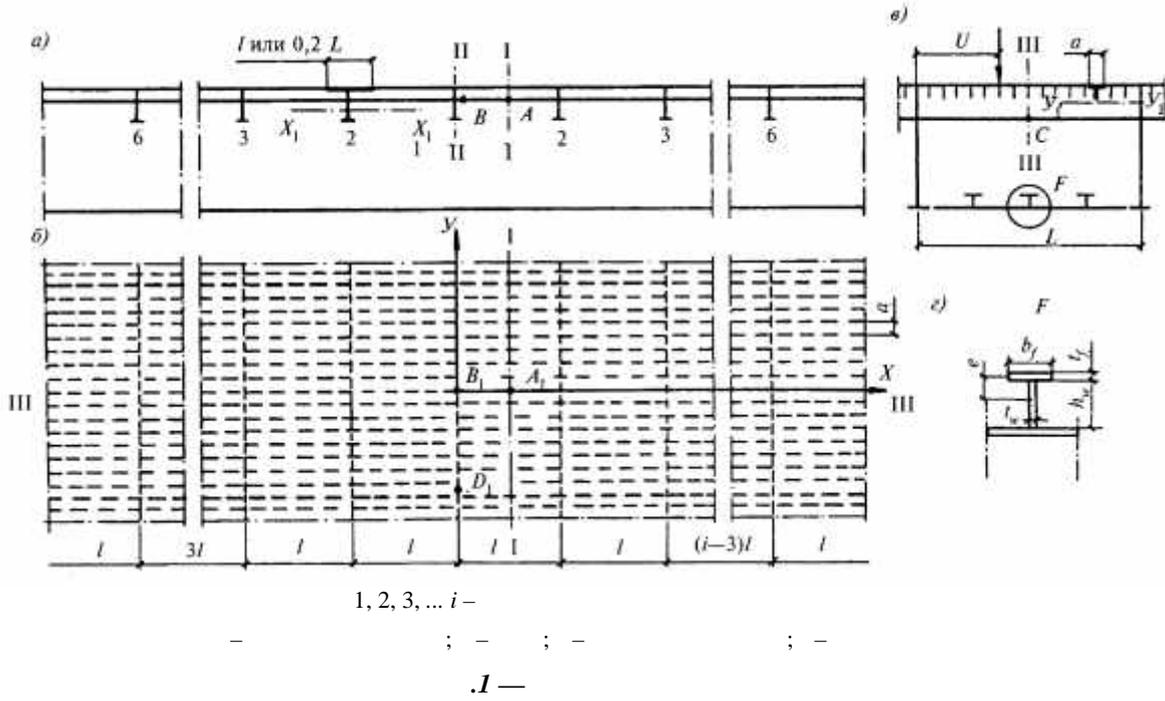
N	1-3	4-6	7-8	9-10	11-15	16
m_f	1,00	1,05	1,12	1,16	1,20	1,23

()

.1

.2

(.1).



.3

$$M_{st} = M_1 + M, \quad (.1)$$

M_1 -

(.1,),

= 0.

1,) « » 1 (
$$M_{1iu} = \frac{2a}{L} M_{1i} \sin \pi \frac{u}{l}, \quad (.2)$$

$M_{1i} - .1 (l)$

« » 1

$i;$

$l - (.1,);$

$L - (.1,);$

$u -$

.1

i	$M_{1i}/l \quad z$				
	0	0,1	0,2	0,5	1,0
1	0	0,0507	0,0801	0,1305	0,1757
2	0	-0,0281	-0,0400	-0,0516	-0,0521
3	0	0,0025	-0,0016	-0,0166	-0,0348
4	0	0,0003	0,0016	0,0015	0,0046
5	0	-0,0001	0	0,0014	0,0025
6	0	0	0	0,0001	0,0012

$z - , .1:$

$$z = 0,0616 \frac{L^4}{l^3} \cdot \frac{I_{sl}}{aI_s},$$
 $I_{sl} - 1 (.1,);$
 $I_s - ; (.1,).$
 $l) - .1 (.1,).$
 $l - .1 (.1,).$
 $2-6$
 $1 (.1,).$

.4

$M_y = - 0,1va^2; \quad (.3)$

$M_y = - 0,08va^2, \quad (.4)$

$v - , .2$

.5

I, II, III , , , 1, 1, D1, .1,

$\sigma_{xp}, \sigma_{yp}, \tau_{xyp}$
 τ_{xyc} .

$\sigma_{pc}, \sigma_{yc},$

.6

(.1, -) I-I : l

$$\psi\sigma_{xc} + m_1\chi_1\sigma_{xp} \leq R_y m; \quad (.5)$$

$$\sigma_{xc} + \sigma_{xp} \leq m_2 R_{yn} m, \quad (.6)$$

$R_y, R_{yn} -$
 $m -$
 $m_1, m_2 -$

8.15;

.2;

$m_1 = 1/\alpha;$

(.6) ;

$\chi_1 -$

$\chi_1 = 0,9 -$

$\chi_1 = 1,1 -$

$\psi, \alpha -$

8.28 8.26.

.2

σ_{xc}/σ_{xp}	$m_1 \quad m_2$	
	m_1	m_2
0	0,55	1,40
0,25	0,40	1,50
0,45	0,25	1,60
0,65	0,13	1,60
-	$m_1 \quad m_2$	σ_{xc}/σ_{xp}

.7

(.1, -) II-III

$$\psi\sigma_{xc} + \chi_2\sigma_{xp}/\alpha \leq R_y m, \quad (.7)$$

$\psi, \alpha -$

8.28 8.26;

$\chi^2 = 1,1 - \dots$, $\chi^2 = 0,9 - \dots$

8.15.

III-III (.1, -)

$$\sigma_{yp} / \alpha \leq R_y m, \quad (.8)$$

(8.6) (8.7);

8.15.

(.1,) : 1, 1, D1

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq m_3 m R_y; \quad (.9)$$

$$\tau_{xy} \leq R_s m, \quad (.10)$$

$$\sigma_x = \sigma_{xc} + m_4 \sigma_{xp}; \quad \sigma_y = \sigma_{yc} + m_4 \sigma_{yp}; \quad \tau_{xy} = \tau_{xyc} + \tau_{xyp};$$

8.15;

1,15 $\sigma_y = 0$ 1,10 $\sigma_y \neq 0$;

1,05 -

1,0 -

$$\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}.$$

.10

8.45 8.47, -

.11

$$I_s (.3) (-)$$

$$I_s = \alpha \psi (k+1) \left(\frac{L}{l} \right)^3 I_{sl} \frac{\sigma_{xc}}{\sigma_{x,cr,ef}}, \quad (.11)$$

$\alpha -$, .3;

$\psi -$, : 0,055 $k = 1$; 0,15 $k = 2$; 0,20

$k \geq 3$;

$k -$;

35.13330.2011

$L -$

$l -$

$I_{sl} -$

$\sigma_{xc} -$

$\sigma_{x,cr,ef} -$

.3

ω	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	1,0
α	0	0,016	0,053	0,115	0,205	0,320	0,462	0,646	0,872	1,192	1,470	2,025

$\sigma_{x,cr,ef}$

$$\sigma_{x,cr,ef} = \frac{\pi^2 EI_{sl}}{A_{sl} l^2} \quad (.12)$$

.4 .12 $l_{ef} = l.$

$$\omega = \sigma_{xc}/(\varphi_0 R_y), \quad \varphi_0$$

(.11)

α

2,025,

l_{ef}

$l.$

.12

-)

(.11)

$$\sigma_{yc} \leq \varphi_0 R_y m, \quad (.13)$$

$\sigma_{xc} - .11;$

$\varphi_0 -$

.4

$\lambda_0;$

$m -$

,

8.15 8.19.

$$\lambda_0 = \frac{l_{ef}}{\sqrt{\xi}} \sqrt{\frac{A}{I_{sl} + a \frac{t_h^3}{11} \left[2\theta \left(\frac{l_{ef}}{L} \right)^2 + \left(\frac{l_{ef}}{L} \right)^4 \right]}}, \quad (.14)$$

$$l_{ef} = l \sqrt{\frac{1}{\omega}} \quad (.11)$$

$$\alpha = \frac{1}{\psi(k+1) I_{sl}} \left(\frac{l}{L} \right)^3 I_s; \quad (.15)$$

$I_s, I_{sl} \quad l - .3;$

$a -$

;

$t_h -$;
 $\xi -$, $1,0 -$
 $.5 -$
 $-$;
 $-$;
 $\theta = 1 + \frac{5,5I_t}{at_h^3} - (I_t -$
 $).$
 $-$
 $(8.35),$

(.14) $\xi = 1,0.$

.4

λ_0, λ_1	φ_0		
	235	325- 345	390
0	1,00	1,00	1,00
41	1,00	1,00	1,00
44	1,00	1,00	0,96
50	1,00	0,92	0,88
53	1,00	0,87	0,83
60	0,95	0,76	0,72
70	0,83	0,64	0,59
80	0,73	0,56	0,49
90	0,64	0,50	0,43
100	0,59	0,44	0,38
110	0,53	0,39	0,33
120	0,47	0,34	0,28
130	0,41	0,30	0,25
140	0,36	0,26	0,22
150	0,32	0,23	0,20
160	0,29	0,21	0,17
170	0,26	0,19	0,16
180	0,23	0,17	0,14
190	0,21	0,15	0,13
200	0,20	0,14	0,11

.5

f/i	ξ
0	1,00
0,01	0,75
0,05	0,70
0,10	0,66
$-f -$	$; i -$

.13 (.1, ,)
 $-$
 $(.13),$
 φ_0 $\lambda_1.$

λ_1

$$\lambda_1 = l \sqrt{\frac{I_p}{h_w^2 I_z + I_\omega + 0,04 l^2 I_t}}, \quad (.16)$$

$$I_p = I_y + I_z + A(h_w - z)^2;$$

$$l = 0,3;$$

$$h_w =$$

$I_y, I_z =$

$$t_w (0,1);$$

$$(b_f, t_f);$$

z;

$$I_\omega = \frac{t_f^3 b_f^3}{144} + \frac{t_w^3 h_w^3}{36}; \quad (.17)$$

$$I_t = \frac{1}{3}(b_f t_f^3 + h_w t_w^3); \quad (.18)$$

$$A = b_f t_f + h_w t_w. \quad (.19)$$

8.45:

$$b_f > 0,3 h_f$$

$$b_f = 0$$

$$0 < b_f \leq 0,3 h_w$$

$$(b_f = 0).$$

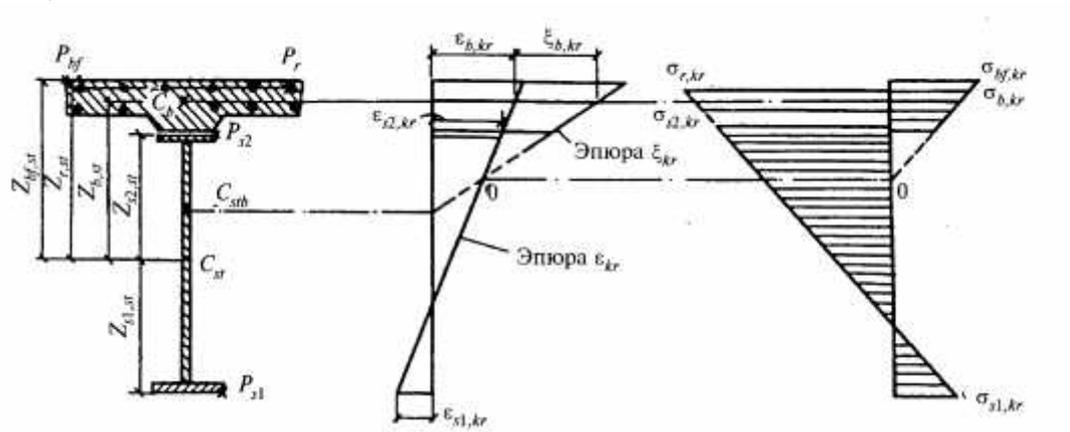
()

,

.1

(-

)



.1 -

(.1),

:

()

$$\sigma_{b,kr} = -\alpha\sigma_{b1}; \tag{ .1}$$

()

$$\sigma_{s1,kr} = \sigma_{b,kr} A_b \left(\frac{1}{A_{st}} - \frac{Z_{b,st}}{W_{s1,st}} \right); \tag{ .2}$$

()

$$\sigma_{s2,kr} = \sigma_{b,kr} A_b \left(\frac{1}{A_{st}} + \frac{Z_{b,st}}{W_{s2,st}} \right); \tag{ .3}$$

$$E_r = E_{rs} = E_{st}$$

()

$$\sigma_{r,kr} = \sigma_{b,kr} A_b \left(\frac{1}{A_{st}} + \frac{Z_{b,st}}{W_{rf,st}} \right); \tag{ .4}$$

()

$$\sigma_{p,kr} = \frac{1}{n_r} \sigma_{b,kr} A_b \left(\frac{1}{A_{st}} + \frac{Z_{b,st}}{W_{p,st}} \right); \tag{ .5}$$

$$\sigma_{bf,kr} = (\alpha + \beta)\sigma_{bf,1} - \frac{1}{n_b}\sigma_{sbf,kr} \quad (.6)$$

(.1)

$$\varepsilon_{b,kr} = \beta \frac{\sigma_{b1}}{E_b} \quad (.7)$$

$$\xi_{b,kr} = \frac{\sigma_{b,kr}}{E_b} \quad (.8)$$

(.1) - (.8):
 α, β, ν -

$$\alpha = \frac{\Phi_{kr}}{0,5\Phi_{kr} + \nu + 1} \quad (.9)$$

$$\beta = \alpha \nu \quad (.10)$$

$$\nu = \frac{A_b}{n_b} \left(\frac{1}{A_{st}} + \frac{Z_{b,st}^2}{I_{st}} \right) \quad (.11)$$

$$\Phi_{kr} = \gamma_f E_b c_n - \frac{\gamma_f}{c_n} \quad 10.4; \quad 7.15$$

$\sigma_1, \sigma_{bf,1}$ -

$\sigma_{sbf,kr}$ -

$$\delta_{sbf,kr} = \sigma_{b,kr} A_b \left(\frac{1}{A_{st}} - \frac{Z_{b,st} Z_{bf,st}}{I_{st}} \right) \quad (.12)$$

$A_{st}, I_{st}, W_{s1,st}, W_{s2,st}, W_{rf,st}$ -

$n_r = E_{st}/E_{rp}$ -

.2

$E_{ef,kr}$,

$E_{ef,kr}$

$$E_{ef,kr} = \frac{\nu - 0,5\varphi_{kr} + 1}{(1 + \varphi_{kr})\nu + 0,5\varphi_{kr} + 1} E_b, \quad (.13)$$

ν, φ_{kr} — . .1.

i -

$$\sigma_{i,kr} = \sigma_{i,ef} - \sigma_i, \quad (.14)$$

$\sigma_{i,ef}, \sigma_i$ —

$$E_{ef,kr} \quad E_b.$$

.3

(

,

.),

.

$$\left(\sigma_{b,kr} \quad A_b \quad \sigma_{b,kr} \quad A_b \quad (.1). \right)$$

,

$$: \quad E_{ef,kr} \quad (.2) -$$

;

$$E_b -$$

,

.

φ_{kr}

,

$$\sigma_{b,kr} \quad E_{ef,kr}$$

,

.1.

.1

	φ_{kr}	
	$\sigma_{b,kr}$	
1	φ_{kr}	$0,5\varphi_{kr}$
2	$0,5\varphi_{kr}$	$0,38\varphi_{kr}$
3	$0,38\varphi_{kr}$	$0,32\varphi_{kr}$

.4

,

$$\sigma_{kr} A_b,$$

$$\sigma_{kr} = \sigma_{b,kr};$$

$$\sigma_{kr}$$

,

.5

$$\alpha, \beta, E_{ef,kr} \quad (.1 \quad .2)$$

$$\varphi_{kr,d},$$

$$\varphi_{kr,d} = \varphi_{kr} + \frac{E_b \Sigma \Delta_d}{0,2R_b L}, \quad (.15)$$

35.13330.2011

$L -$;
 $\Sigma \Delta_d -$, $L;$
 $\varphi_{kr} -$.1;
 $E_b, R_b -$ 7.24 7.32.
 $\Delta_d,$,

$$\Delta_d = 0,005 + 0,00035 b_d, \quad (.16)$$

$b_d -$ ().
 .6

$E \epsilon_{kr},$.2, φ_{kr} $\varphi \epsilon_{kr},$

$$\varphi_{vkr} = \frac{2\rho_1}{1 + \rho_1} \varphi_{kr} + (1 - \rho_1)(0,388 c_n - 0,35 \cdot 10^{-6}) E_b, \quad (.17)$$

$\rho_1 = \sigma_{\min,1} / \sigma_{\max,1} -$;
 $\varphi_{kr}, c_n -$.1. ;

()

.1

)

$$\sigma_{shr} = \varepsilon_{shr} E \left(\frac{A_{st}}{A_{stb,shr}} + \frac{S_{shr}}{I_{stb,shr}} Z - v_{shr} \right), \quad (.1)$$

$A_{stb,shr}, I_{stb,shr} -$

$E_{ef,shr}, \quad 9.9;$

$A_{st} -$

$S_{shr} = A_{st} Z_{st, stb};$
 $Z_{st, stb} -$
 $Z -$

$\frac{A_{stb,shr}}{A_{stb,shr}} Z, \quad A_{st};$

$v_{shr} = 0, v_{shr} = 1 -$

$- E_{ef,shr};$

$- E_{st};$

$- E_{rs};$

$- E_{rp};$

$\varepsilon_{shr} -$

9.9;

)

$$\sigma_t = \alpha t_{max} E \left(\frac{A_t}{A_{stb,t}} + \frac{S_t}{I_{stb,t}} Z - v \right), \quad (.2)$$

$\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \quad -1 -$

$t_{max} = \gamma_f t_{n,max};$

$\gamma_f -$

$t_{n,max} -$

9.10;

6.14;

b, st, rs, rp

$A_{stb,t}, I_{stb,t} -$

$Z -$

$A_{stb,t},$

$\sigma_t.$

(.2)

:

$$v_t = 0,8A_{wt} + 0,3A_{s1,t}; \quad (.3)$$

$$S_t = (0,4h_w - 0,8Z_{b1, stb})_{wt} + 0,3A_{s1,t} Z_{s1, stb}; \quad (.4)$$

$v = v_{ii}$,
 $A_{wt} -$, (,
 $A_{s1,t} -$) ;
 : (.2)

$$t = \frac{17b_{sl}}{n_b} \left[1 - \left(1 - \frac{t_{sl}}{50} \right)^3 \right]; \quad (.5)$$

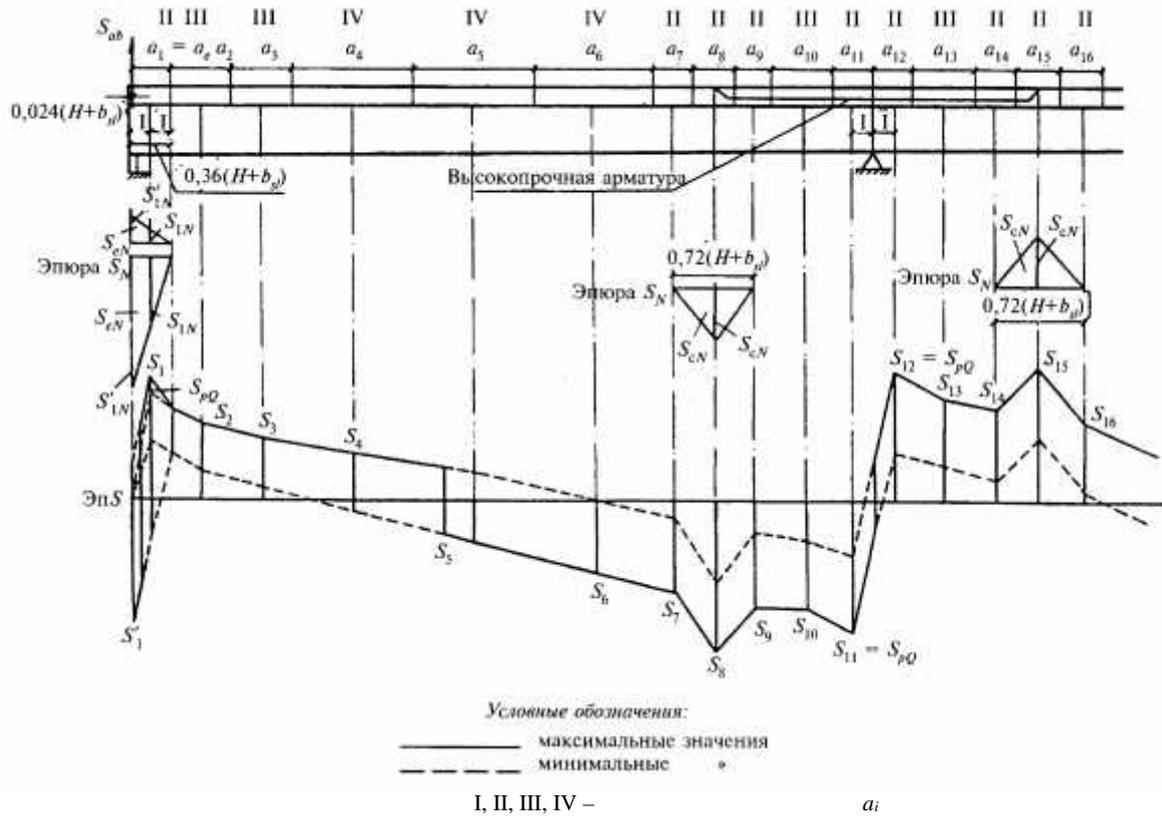
$$S_t = - \frac{17b_{sl}}{n_b} (Z_{bf, stb} - 8); \quad (.6)$$

$v = v'_{ii}$,
 $b_{sl}, t_{sl},$, 9.15.
 $v_{ii} \quad v'_{ii},$ $i-$
 , 9.10.
 , (.3) - (.6), 9.5
 9.1.
 .2
 .1.

()

.1

$$S_{eN} / a_e (\dots) .1).$$



.1 -

:

$$s'_{1N} = \frac{S_{eN}}{0,5a_e}; \tag{.1}$$

$$s_{1N} = \frac{S_{eN}}{a_e}, \tag{.2}$$

s'_{1N}, s_{1N} -

.1;

S_{eN}, a_e -

9.28 9.29.

.2
 s_{pQ} ,
 (.1);

$$s_{pQ} = \frac{1,15 S_{pQ}}{a_e} . \quad (.3)$$

.3
 , (. .) S_{cN}

$$2a_e (.1).$$

.4
 (.1):

$$I = 0,18 (+ b_{sl});$$

$$II = 0,36 (+ b_{sl}) -$$

$$III \leq 0,8 (+ b_{sl}); IV \leq 1,6 (+ b_{sl}) -$$

()

.1

S_h ,
:

$$S_h \leq 0,55(t_{fr} + 0,5t_w)b_{dr}\sqrt{10R_b}, \quad ; \quad (.1)$$

$$2,5 < l/d \leq 4,2$$

$$S_h \leq 0,24ld\sqrt{10R_b}, \quad ; \quad (.2)$$

$$l/d > 4,2$$

$$S_h \leq d^2\sqrt{10R_b}, \quad . \quad (.3)$$

$$S_1 \leq 0,063d^2mR_y, \quad . \quad (.4)$$

(.1) – (.4):

t_{fr} –
 t_w –
 l –
 d –
 b_{dr} –
 R_b, R_y, m –
.2

9.19.

S_h ,

()

$$S_h \leq 0,1A_{an}mR_y \cos \alpha + d^2\sqrt{10R_b} \sin \alpha, \quad ; \quad (.5)$$

$$S_h \leq 0,1A_{an}mR_y (\cos \alpha + 0,8 \sin \alpha), \quad , \quad (.6)$$

A_{an} –
 α –

,²;

(.5) (.6) $\cos \alpha$
 $\cos \alpha \cdot \cos \beta$, β –

25 %

35.13330.2011

.3

$$S_h, \quad t_{an} \quad 8 \quad 20 \quad 20 \quad 80, \\ (.5), \quad d^2 \quad t_{an} \sqrt{A_{an}} \quad (t_{an} -).$$

.4

,

,

-

.

.

()¹

1.1

$$N_{hb} = N_{hb,n} - \Delta N, \tag{1.1}$$

$N_{hb,n}$ – ;
 ΔN –

1.1

$$\Delta N = N_{hb,n} (0,23 - 0,0025t), \tag{1.2}$$

$t \leq 50$ –
 1.2

()

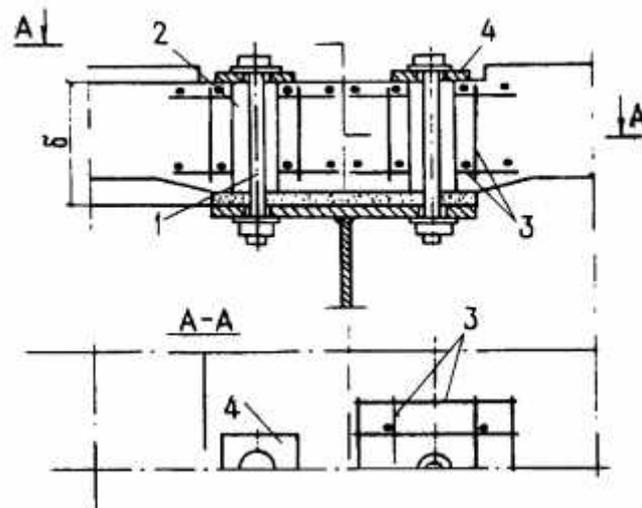
$$S_h \leq \frac{1}{k} f N_{hb}, \tag{1.3}$$

N_{hb} – ; 1.1

$k = 1,3$ – ;

f – ;
 0,60 –

0,45 –



1 –

22 24 ; 2 –
 10 ; 4 –

50 ; 3 –

22 100 × 100 × 20

24

100 × 100 × 16

1.1 –

(2)

R, 2.1 ,

$$R = 1,7 \{R_0[1 + k_1(b - 2)] + k_2 \gamma (d - 3)\}, \quad (2.1)$$

R₀ – , , 2.1 – 2.3 ;

b – (6 ; b = 6 ; , ;

d – , , 2.2 ;

γ – , -

k₁, k₂ – , γ = 19,62 / 3; 2.4 .

2.1

		R ₀ - , , I _L						
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
I _p ≤ 5	0,5	343	294	245	196	147	98	-
	0,7	294	245	196	147	98	-	-
10 ≤ I _p ≤ 15	0,5	392	343	294	245	196	147	98
	0,7	343	294	245	196	147	98	-
	1,0	294	245	196	147	98	-	-
I _p ≥ 20	0,5	588	441	343	294	245	196	147
	0,6	490	343	294	245	196	147	98
	0,8	392	294	245	196	147	98	-
	1,1	294	245	196	147	98	-	-

1 I_L R₀
2 I_p 5-10 15-20 R₀,
2.1 , .

2.2

	R ₀
:	343
:	294
:	245
:	196
:	147
:	196
:	147
:	98
-	R ₀ 100 %, 60 %, .

2.3

	R_0
() :	1470 980
() :	785 490
– 2.3	R_0
, R_0	2.1 40 % I_p, I_L

2.4

	$k_1, ^{-1}$	k_2
, ,	0,10	3,0
, ,	0,08	2,5
, ,	0,06	2,0
, ,	0,04	2,0
, ,	0,02	1,5

($I_L < 0$)

R_0 ,

$$R_0 = 1,5 R_{nc} \tag{2.2}$$

R_{nc} , : – 981; – 1962; – 2943,

R ,

$$R = \frac{R_c}{\gamma_g} , \tag{2.3}$$

γ_g – , 1,4;

R_c – , .

, ,

R

R_c – (2.3), 0,6 0,3;

– (2.1) 2.3

2.2

(2.1)

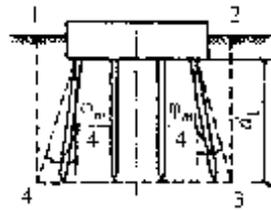
:

35.13330.2011

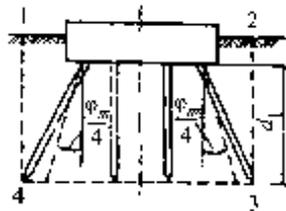
) , -
(. 5.25 - 5.30);
) - ;
) - ;
) - .
2.3 , (2.1)
, , 14,7d_w, , d_w - ,
, , 2.2, .

(3)

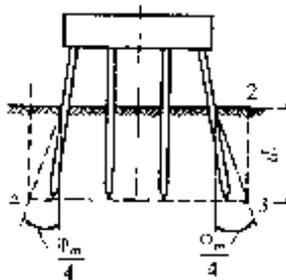
3.5. — 3.3 3.4, 3.1 3.2, —



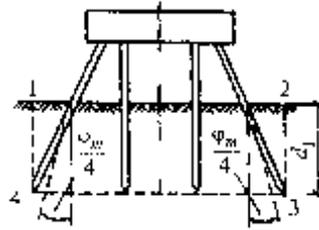
3.1 — , {m/4}



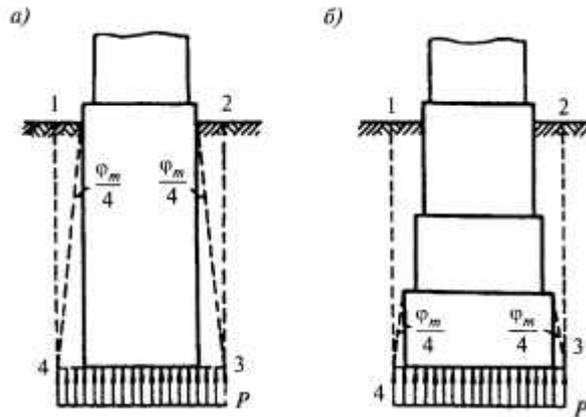
3.2 — , {m/4}



3.3 — , {m/4}



3.4 – , $\phi_m/4$



3.5 – ; -

3.1–3.5

ϕ_m ,

$$\phi_m = \frac{\sum \phi_i h_i}{d}, \quad (3.1)$$

ϕ_m –

i – ,

h_i – , ;

d –

11.10.

11.8,

3–4

(p_{max} , 3.1 – 3.5)

$$p = \frac{N_c}{a_c b_c}; \quad (3.2)$$

$$P_{\max} = \frac{N_c}{a_c b_c} + \frac{6a_c(3M_c + 2F_h d_1)}{b_c \left(\frac{k}{c_b} d_1^4 + 3a_c^3 \right)}, \quad (3.3)$$

N_c – , , 1–2–3–4 ;
 F_h, M_c – , , ;
 11.10;
 d_1 – , (3.1 – 3.5);
 a_c, b_c – , ;
 k – , ;
 c_b – 3.1; , ;
 $d_1 \leq 10$ $c_b = 10k$;
 $d_1 > 10$ $c_b = kd_1$.

3.1

	$k, / ^4$
(0,75 < I_L ≤ 1)	490–1960
(0 ≤ I_L ≤ 1); (0,5 < I_L ≤ 0,75); (0,6 ≤ ≤ 0,8)	1961–3920
(I_L < 0); (0,6 ≤ ≤ 0,75); (0 ≤ I_L ≤ 0,5); (0,55 ≤ ≤ 0,7)	3921–5880
(I_L < 0); (0,55 ≤ ≤ 0,7)	5881–9800
(0,55 ≤ ≤ 0,7)	9801–19600

$$\left(\frac{4}{\gamma_n} \right)$$

$$\gamma(d + z_i) + \alpha(p - \gamma d) \leq \frac{R}{\gamma_n}, \tag{4.1}$$

- , ;
 $\gamma -$ () , ;
 $\gamma = 19,62 / 3$;
 $d -$, , 2;
 $z_i -$, ;
 $\alpha -$, 4.1 ;
 $R -$ (2.1) 2 , ,
 $\gamma_n -$, 1,4.
 α 4.1
 z_i / b z_i / b /b
 , b -
 3.
 4.1

$\frac{z_i}{b}$	α												
	-	$/b$											
		1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	3,2	4	5	10
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,2	0,949	0,960	0,968	0,972	0,974	0,975	0,976	0,976	0,977	0,977	0,977	0,977	0,977
0,4	0,756	0,800	0,830	0,848	0,859	0,866	0,870	0,875	0,872	0,879	0,880	0,881	0,881
0,6	0,547	0,606	0,651	0,682	0,703	0,717	0,727	0,757	0,746	0,749	0,753	0,754	0,755
0,8	0,390	0,449	0,496	0,532	0,558	0,578	0,593	0,612	0,623	0,630	0,636	0,639	0,642
1,0	0,285	0,334	0,378	0,414	0,441	0,463	0,482	0,505	0,520	0,529	0,540	0,545	0,550
1,2	0,214	0,257	0,294	0,325	0,352	0,374	0,392	0,419	0,437	0,449	0,462	0,470	0,477
1,4	0,165	0,201	0,232	0,260	0,284	0,304	0,321	0,350	0,369	0,383	0,400	0,410	0,420
1,6	0,130	0,160	0,187	0,210	0,232	0,251	0,267	0,294	0,314	0,329	0,348	0,360	0,374
1,8	0,106	0,130	0,153	0,173	0,191	0,209	0,224	0,250	0,270	0,285	0,305	0,320	0,337

4.1

$\frac{z_i}{b}$	α												
	-	$/b$											
		1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	3,2	4	5	10
2,0	0,087	0,108	0,127	0,145	0,161	0,176	0,189	0,214	0,233	0,241	0,270	0,285	0,304
2,2	0,073	0,090	0,107	0,122	0,137	0,150	0,163	0,185	0,208	0,218	0,239	0,256	0,280
2,4	0,062	0,077	0,092	0,105	0,118	0,130	0,141	0,161	0,178	0,192	0,213	0,230	0,258
2,6	0,053	0,066	0,079	0,091	0,102	0,112	0,123	0,141	0,157	0,170	0,191	0,208	0,239
2,8	0,046	0,058	0,069	0,079	0,089	0,099	0,108	0,124	0,139	0,152	0,172	0,189	0,228
3,0	0,040	0,051	0,060	0,070	0,078	0,087	0,095	0,110	0,124	0,136	0,155	0,172	0,208
3,2	0,036	0,045	0,053	0,062	0,070	0,077	0,085	0,098	0,111	0,122	0,141	0,158	0,190
3,4	0,032	0,040	0,048	0,055	0,062	0,069	0,076	0,088	0,100	0,110	0,128	0,144	0,184
3,6	0,028	0,036	0,042	0,049	0,056	0,062	0,068	0,080	0,090	0,100	0,117	0,133	0,175
3,8	0,024	0,032	0,038	0,044	0,050	0,056	0,062	0,072	0,082	0,091	0,107	0,123	0,166
4,0	0,022	0,029	0,035	0,040	0,046	0,051	0,056	0,066	0,075	0,084	0,095	0,113	0,158
4,2	0,021	0,026	0,031	0,037	0,042	0,048	0,051	0,060	0,069	0,077	0,091	0,105	0,150
4,4	0,019	0,024	0,029	0,034	0,038	0,042	0,047	0,055	0,063	0,070	0,084	0,098	0,144
4,6	0,018	0,022	0,026	0,031	0,035	0,039	0,043	0,051	0,058	0,065	0,078	0,091	0,137
4,8	0,016	0,020	0,024	0,028	0,032	0,036	0,040	0,047	0,054	0,060	0,072	0,085	0,132
5,0	0,015	0,019	0,022	0,026	0,030	0,033	0,037	0,044	0,050	0,056	0,067	0,079	0,126

() 5

5.1

() (5.1) p'_1 , (

$$p'_1 = \alpha_1 \gamma h_1. \quad (5.1)$$

$$p'_2 = \alpha_2 \gamma h_2. \quad (5.2)$$

1 2

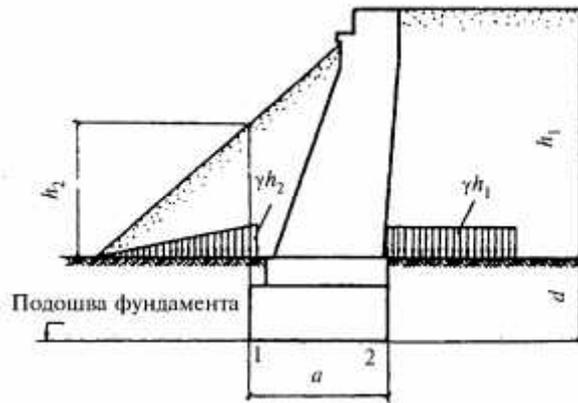
(5.1) (5.2):

γ – ,
 $\gamma = 17,7 \text{ / }^3$;

h_1 – , ;

h_2 – , ;

Γ_1, Γ_2 – , 5.1 5.2.



1 – ; 2 –

5.1 –

5.2

$$\frac{e_0}{r} = \frac{p_1 - p_2}{p_1 \left(\frac{a}{y} - 1 \right) + p_2}, \quad (5.3)$$

– , (5.1);

–

e_0, r – , ; 11.7.

5.1

$d,$	$h_1,$	α_1			
			$,$		
			5	10	15
5	10	0,45	0,10	0	0
	20	0,50	0,10	0,05	0
	30	0,50	–	0,06	0
10	10	0,40	0,20	0,05	0
	20	0,45	0,25	0,10	0,05
	30	0,50	–	0,10	0,05
15	10	0,35	0,20	0,10	0,05
	20	0,40	0,25	0,15	0,10
	30	0,45	–	0,20	0,15
20	10	0,30	0,20	0,15	0,10
	20	0,35	0,30	0,20	0,15
	30	0,40	–	0,20	0,15
25	10	0,25	0,20	0,20	0,15
	20	0,30	0,30	0,20	0,20
	30	0,35	–	0,20	0,20
30	10	0,20	0,20	0,20	0,15
	20	0,25	0,25	0,25	0,20
	30	0,30	0,30	0,25	0,20
1		d, h_1	a	α_1	
2					
		3			

5.2

$d,$	α_2			$h_2,$
	10	20		30
5	0,4	0,5		0,6
10	0,3	0,4		0,5
15	0,2	0,3		0,4
20	0,1	0,2		0,3
25	0	0,1		0,2
30	0	0		0,1
	–	d	h_2	α_2

35.13330.2011

- [1]
- [2] - « » 012-2007 .
- [3] - « » 005-2007 .
- [4] 14-1-5446-2002
12 2 12 2
- [5] 14-1-5447-2005
17 2
- [6] 14-4-13-83-86
- [7] 13657842-1-2009 -
- [8] 14-1-5355-98*
14
- [9] 14-4-1216-82
- [10] 200-62 ,
- [11] 218.4.003-2009
- [12] 14-4-1231-83 -
- [13] 10-69-369-87
- [14] 218.2.2001-2009
- [15] 11-110-99) (-

[16] 32-101-95

[17] 33-101-2003

[18] 52-101-2003

[19] 52-102-2004

-

[20] 53-101-98

