

«

»

ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ РАСЧЕТЫ ВАЛОВ И ОСЕЙ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области сельского хозяйства в качестве
учебно-методического пособия для студентов учреждений,
обеспечивающих получение высшего образования I ступени
по специальности 1-74 06 04 Техническое обеспечение
мелиоративных и водохозяйственных работ*

2023

62-2(075.8)

34.44 73

38

*Рекомендовано методической комиссией факультета
механизации сельского хозяйства 21.11.2022 (протокол № 3)
и Научно-методическим советом БГСХА 30.11.2022 (протокол № 3)*

:

Н. С. Сентюров;

, А. Л. Борисов;

, А. В. Пашкевич;

, С. Г. Рубец

:

, В. А. Дремук;

, А. С. Анженков

Детали машин и основы конструирования. Расчеты ва-
38 **лов и осей :** - / . . .
[.]. – : , 2023. – 123 .
ISBN 978-985-882-397-9.

I

1-74 06 04

УДК 62-2(075.8)

ББК 34.44я73

ISBN 978-985-882-397-9

© «

», 2023

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ВАЛОВ И ОСЕЙ

По назначению

По назначению валы и оси делятся на валы и оси, предназначенные для передачи крутящего момента, и валы и оси, предназначенные для передачи движения.

Валы, предназначенные для передачи крутящего момента, могут быть:

- валы, предназначенные для передачи крутящего момента от двигателя к исполнительному органу;
- валы, предназначенные для передачи крутящего момента от исполнительного органа к двигателю;
- валы, предназначенные для передачи крутящего момента от двигателя к исполнительному органу и от исполнительного органа к двигателю.

Валы, предназначенные для передачи движения, могут быть:

- валы, предназначенные для передачи движения от двигателя к исполнительному органу;
- валы, предназначенные для передачи движения от исполнительного органа к двигателю;
- валы, предназначенные для передачи движения от двигателя к исполнительному органу и от исполнительного органа к двигателю.

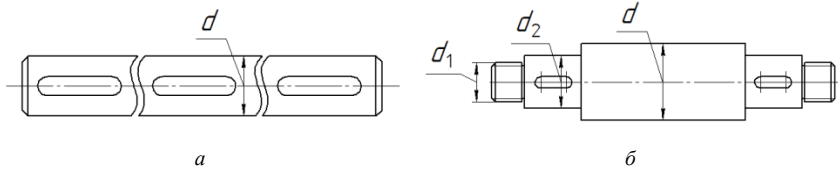
Валы и оси, предназначенные для передачи крутящего момента, могут быть:

- валы, предназначенные для передачи крутящего момента от двигателя к исполнительному органу;
- валы, предназначенные для передачи крутящего момента от исполнительного органа к двигателю;
- валы, предназначенные для передачи крутящего момента от двигателя к исполнительному органу и от исполнительного органа к двигателю.

Валы и оси, предназначенные для передачи движения, могут быть:

- валы, предназначенные для передачи движения от двигателя к исполнительному органу;
- валы, предназначенные для передачи движения от исполнительного органа к двигателю;
- валы, предназначенные для передачи движения от двигателя к исполнительному органу и от исполнительного органа к двигателю.

(-),
По форме геометрической оси



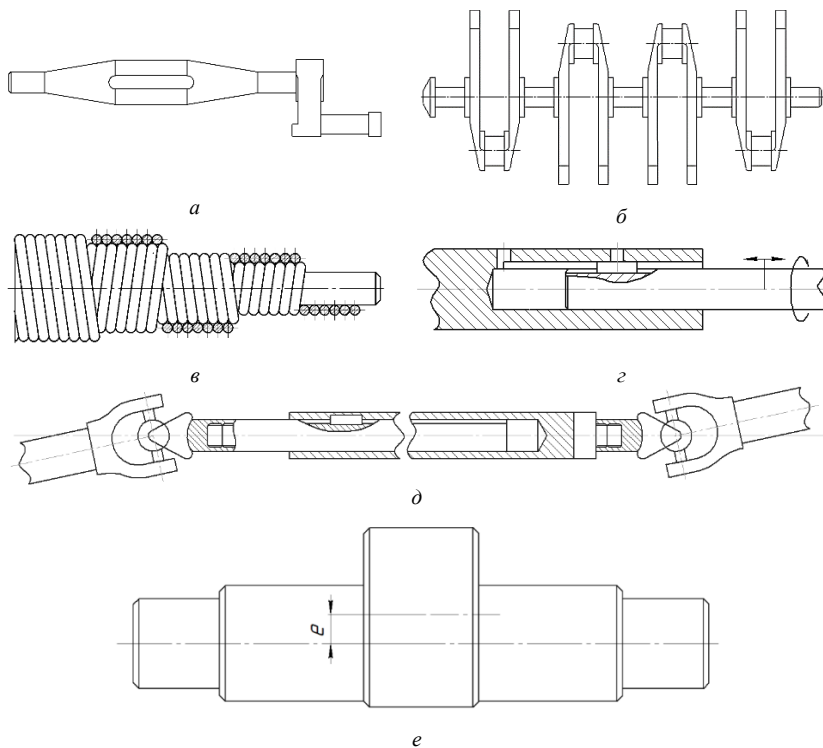
. 1.1. \bar{b} - : a - ;

(, ,) .

() ,

()

(. 1.2, б), (. 1.2, в), (. 1.2, а),
 (. 1.2, д) (. 1.2, е). (. 1.2, з),



. 1.2. : а- ; б- ;
 в- ; г- ; д- ; е- ;

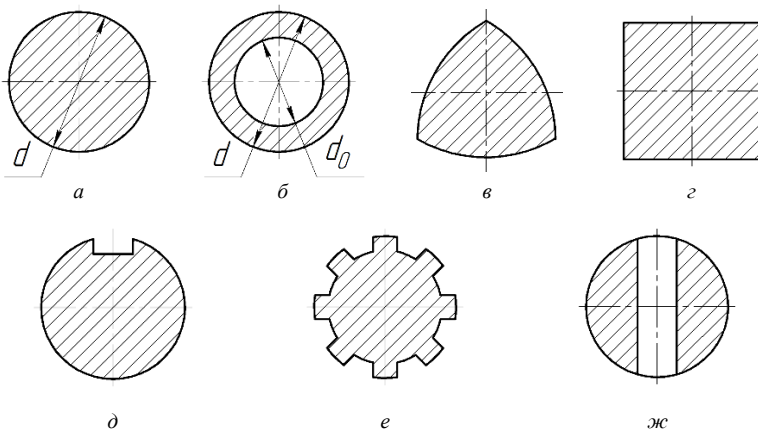
- () () ; - ()
 () () ; - , -
 . .); - ; -
 ; -

В зависимости от расположения вала в приводе

По виду поперечных сечений

(. 1.3, а) (. 1.3, б)
 (. 1.3, а, б) (. 1.3, в, з)

(. 1.3, д), (. 1.3, е),
 (. 1.3, ж).



. 1.3.

$d_0 / d =$ ()
 1 - 2, ()
 1 - 4, , = 0,5, 0,6, 0,7
 22, 30, 39 %.

60 %

, .

, .

(. . 1.3, в, з)

,

,

(, ,

).

(. . 1.3, ж)

По методу изготовления

(. . 1.2, з, д)

,

6-7 .

,

,

,

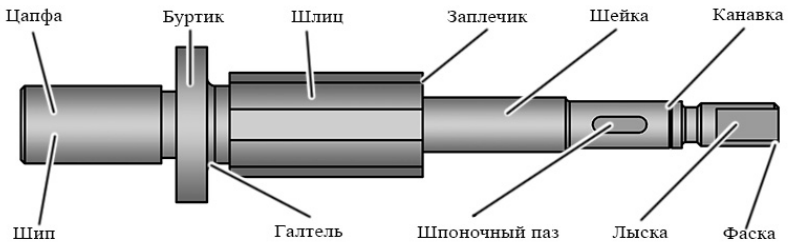
(,),

,

,

: [2-5, 8].

2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВАЛОВ И ОСЕЙ



. 2.1.

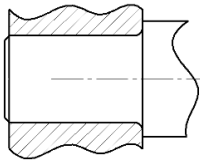
()

— (),

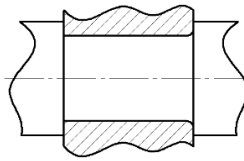
(. 2.2, в),

(. 2.2, а, б),

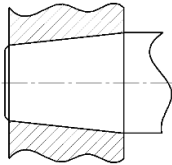
(. 2.2, г).



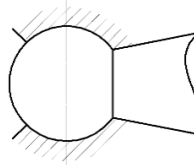
a



б



в



г

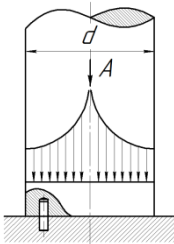
.2.2.
б -

: а - ; в - ; г -

(.2.3, а),

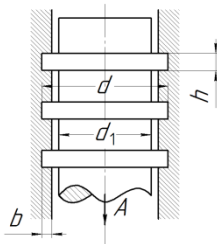
(.2.3, б),

(.2.3, в)



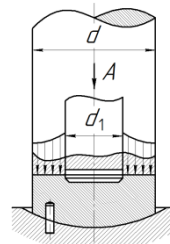
a

.2.3.



б

: а - ; б -



в

; в -

– сплошная пята,

(. .2.3, а).

– **гребенчатая пята** (рис. 2.3, б),

– (рис. 2.3, в),

(рис. 2.3, г).

– **кольцевая пята** (рис. 2.3, в),

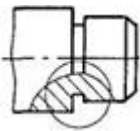
– **сегментная пята**,

(рис. 2.1),
(рис. 2.4, б),
(рис. 2.4, з).

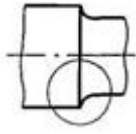
(рис. 2.4, а),

(рис. 2.1),

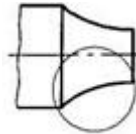
(рис. 2.4, в),



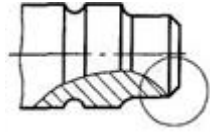
а



б



в



г

рис. 2.4.
б –

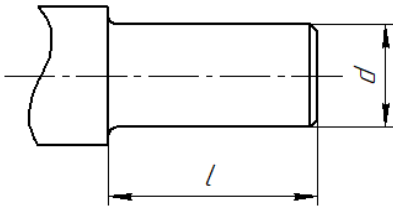
; в –

; г –

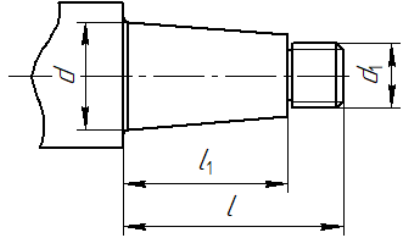
(. . 2.1) - (), -
 ().
 (. . 2.1) - (), -
 ().
 ()

(. 2.5, $\bar{\sigma}$),

(. 2.5, a)



a



$\bar{\sigma}$

. 2.5.

a -

; $\bar{\sigma}$ -

10...50 , $b = 3$ $e = 0,25$, -
 50...100 - $b = 5$ $e = 0,5$. -
 , -

(. 2.4, θ). (. . 2.4, $\bar{\theta}$)

().
().
(),

(, '),

6636-69.

(. . 2.4, a, z) -
() (),

12080-66

()
23360-78.

23360-78.

: [2-5, 8, 9].

(4543-2016), 15 , 20 -
 (), - , - ,
 (). -
 (-
 , . .) , , -
 () . 30 , 40 , -
 (), - , -
 20 , , -
 40 , 40 , 12 3 , 18 ,
 30 . (, , ,). -
 (-
 , 20 , 12 3 , 18) (, 38 ,
 38 ,) , -
 , - , .
 (HRC ≤ 45)
 ,
 .
 , ,
 . 15 , 20 , 18 ,
 12 3 . . 38 2 . , -
 , -
 (, , -
 . .)
 (HRC 55...65).

. 3.1.

3.1. Механические характеристики валов и осей

	-	-	,				[σ ₀]
			(-)	σ	σ	σ ₋₁		τ_{-1}
5 45		190	520	280	220	130	100...160
		200	560	280	250	150	
	≤120	240	780	540	360	200	
40	≤80	270	900	650	410	230	155...200
	≤200	240	790	640	370	210	
		200	730	500	320	200	
40	≤120	270	900	750	410	240	195...240
	≤200	270	920	750	420	230	
		240	820	650	360	210	
20 18 20 2 4 18 2 4	≤120	197	650	400	310	170	130...175
	≤60	330	1150	950	500	280	175...230
		255...277	1300	1100	340	210	170...210
		370	1050	800	340	210	160...200
20		116...144	400...550	200	130	90	-
30		131...157	450...600	230	150	100	-
40		160	520	290	180	120	-
50		162...229	550...700	340	230	150	-

, 1X13, 3X13, 4X14, 18. -
 , () -
 (35 , 40 , 45 , 50) (-
). , -
 (, -
) (). -
 , 20, 35 . . -
 . -
 ,
 .
 : [2-6, 8, 9].

4. КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВАЛОВ И ОСЕЙ

·	()	-
·	()	-
()		-
,	,	-
·	,	-
—	,	-
(,)		-
·	()	-
)	,	-
(, ,)	()	-
·	,	-
·	,	-
,	,	-
—	,	-
·	,	-
·	,	-
,	,	-

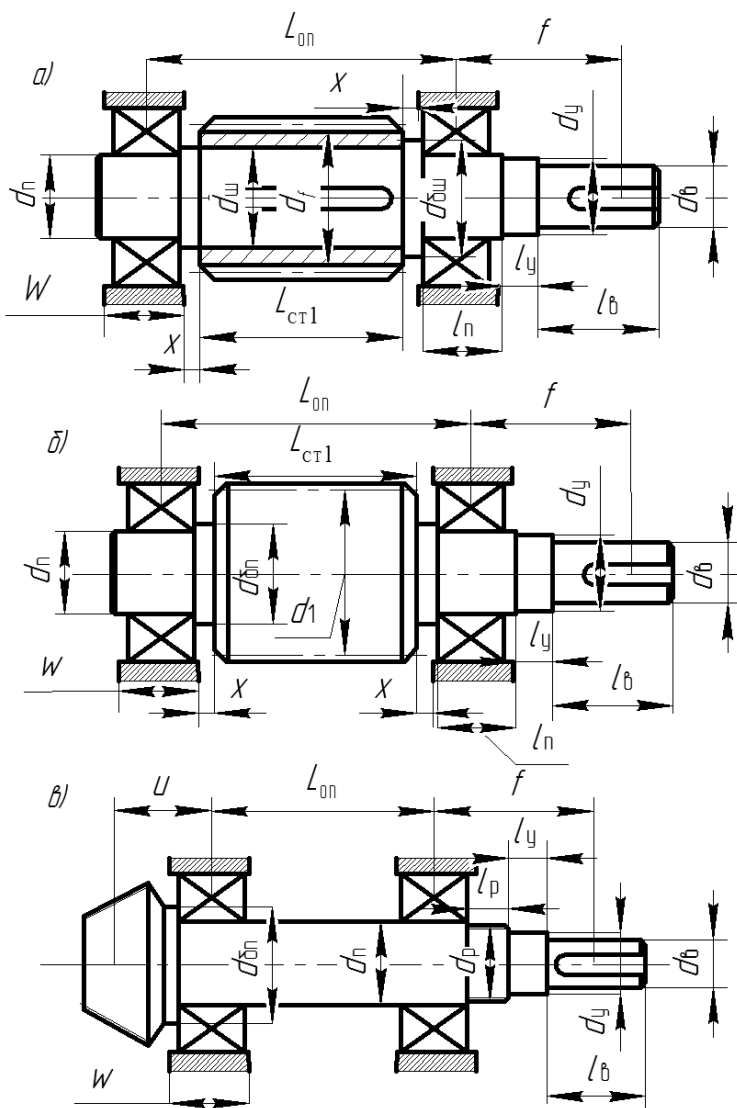
,
 : () ().
 ,
 ,
), (-
M *T*
 , -
 -
 , -
 .
 [] *f* [1],
 [], -
 . -
 -
 -
 , -
 -
 . -
 -
 -
 ().
 (-
). () -
 .
 ,
 $n = 0,7n$, $n = 1,3n$.
 : [2-5, 8, 9].

5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ВАЛОВ

		·
		-
	()	·
	()	-
<i>M</i>	() <i>T</i>	·
		-
		-
		·
		-
	[]	-
		-

5.1. Проектный расчет валов

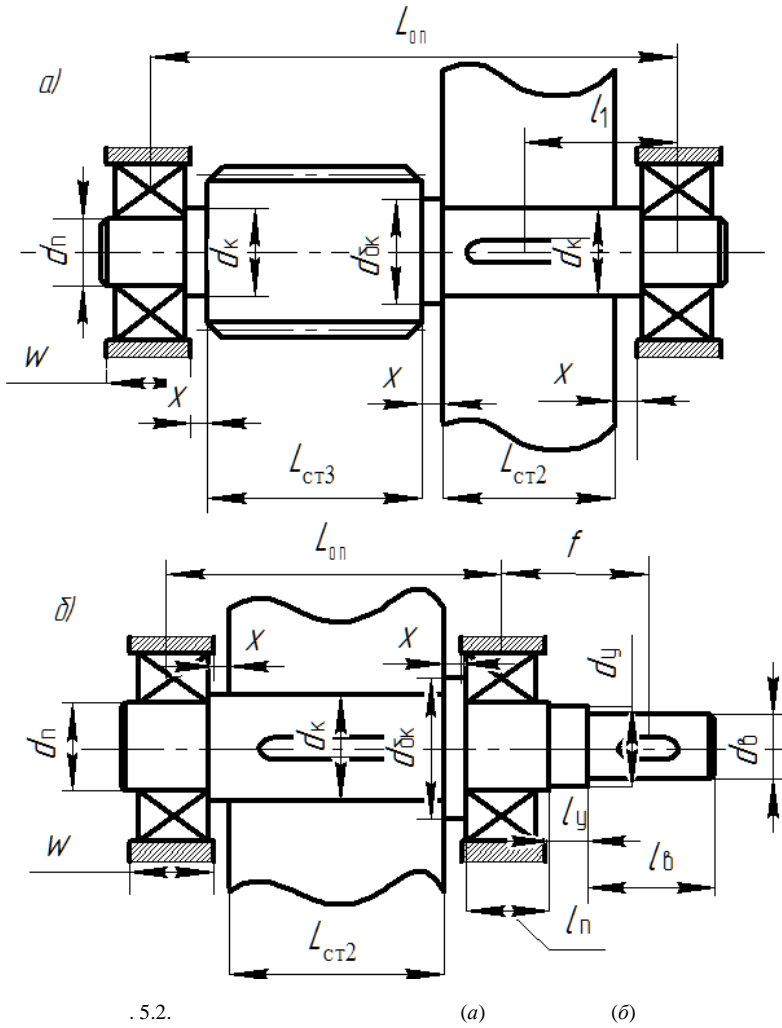
1.		-
	(. . 3.1).	·
2.		·
. 5.1, 5.2.		·
	: <i>d</i> ,	-
	<i>d</i> , <i>d</i> (-
	), <i>d</i> ,	·
	<i>d</i> , () <i>d</i> (<i>d</i>),	·
	() <i>d</i> (<i>d</i>).	·



.5.1.

a -

() ; δ - (-) ; σ - (-) ;



.5.2.

(a)

(б)

3.

3.1.

()
 ()
 $[\tau] = 20...35$
 $[\tau] = 10...20$ ():

$$d \quad d \geq \sqrt[3]{\frac{T \cdot 10^3}{0,2[\tau]}}$$
 (5.1)

$T -$, . . .

$R_a 40$ (6636-69): 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24;
 25; 26; 28; 30; 32; 33; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 60; 63; 65; 70;
 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 120; 125; 130 10 .
 () , -

$$d = (0,8...1,0)d$$
 (5.2)

$d -$
 3.2.
 -

$$d = d + (3...5)$$
 (5.3)

. 5.1.

3.3.
 -

$$d \quad d .$$
 (5.4)

(24705-2004): 15; 16; 17; 18;
 20; 22; 24; 25; 26; 27; 28; 30; 32; 33; 35; 36; 38; 39; 40; 42; 45; 48; 50; 52;
 55; 56; 58; 60; 62; 64; 70 () .

3.4.
 -

$$d = d + (3...5)$$
 (5.5)

$$d = d + (3...5) \quad ; \quad (5.6)$$

$$d = d + (3...5) \quad . \quad (5.7)$$

10, 12, 15, 17
 5 (, $d = 20, 25, 30, 35 \dots 495$).

5.1. Манжеты резиновые армированные (ГОСТ 8752-79)

		d					
		D	b	b_1			
<i>Tun 1</i>		10; 11	26	7	-		
		12; 13; 14	28				
15; 16	30						
17	32						
18; 19	35						
<i>Tun 2</i>		20; 21; 22	40	10	14		
		24	41				
		25	42				
		26	45				
		30; 32	52				
		35; 36; 38	58				
		40	60				
		42	62				
		45	65				
		48; 50	70				
		52	75				
		55; 56; 58	80			12	16
		60	85				
63; 65	90						
70; 71	95						
75	100						
80	105						
85	110						
90; 95	120						
100	125						
105	130						

3.5. (- -)
 $d = d + (3...5) \quad . \quad (5.8)$

3.6. (): -

$$d = d + (3...5) ; \quad (5.9)$$

-

$$d = d + (3...5) . \quad (5.10)$$

)

$$d_1 = 2d .$$

,

3.7. (): -

$$d = d + (3...5) ; \quad (5.11)$$

-

$$d = d + (3...5) . \quad (5.12)$$

4. , , , -

4.1. () :

$$l = (1,0...1,5)d . \quad (5.13)$$

4.2. :

$$l = b , \quad (5.14)$$

b - , , . 5.1

4.3. :

$$l = (1,0...1,2)d . \quad (5.15)$$

4.4. (-):

$$l \approx 0,4d . \quad (5.16)$$

5.

— (. . . 5.1, a ; 5.2, b)

$$L \approx L_1 + 2x + w, \quad (5.17)$$

L_1 — , .

($L_1 = b_1$), ($L_1 = b_1 + 5 \dots 10$);
 x —

8...15 ;
 w —

, . . . 5.2 ;

5.2. Ориентировочные значения e, u, f, w для валов, мм

$T, .$	e	u	$f,$	w
10	40...65	30...55	35...50	20...40
10...20	45...70	35...60	40...55	25...45
20...40	50...80	40...65	45...65	25...50
40...60	55...85	45...75	50...70	25...55
60...80	60...90	50...80	55...75	30...55
80...100	65...100	55...90	60...80	30...60
100...200	70...120	60...100	60...90	30...70
200...400	80...145	70...130	70...105	40...80
400...600	100...160	90...140	80...115	45...85
600...800	115...175	105...155	90...125	50...90
800...1000	130...185	120...165	95...135	55...95

— $L \approx e,$ (5.18)

e — , . 5.2 ;

(. . 5.1, б) (-)

$$L \approx d_{am2}, \tag{5.19}$$

d_{am2} - , ;
 (. 5.2, a)

$$L \approx L_2 + L_3 + 3x + w, \tag{5.20}$$

L_2 - , .

$$L_2 = (1,0...1,5)d,$$

$$L_3 = (1,2...1,5)d;$$

L_3 - , .

$$(L_3 = b_1, \quad b_1 - (L_3 = b_1 + 5...10)).$$

;

$$L \approx 2(L_2 + 2x + \frac{w}{2}); \tag{5.21}$$

-

$$L \approx L_4 + 2x + w, \tag{5.22}$$

L_4 - , $L_4 = (1,2...1,5)d$.

(. . 5.1, 5.2) , f
 () , -

. 5.2 -

u (. . 5.1, в) -

. 5.2

$$l_1 = \frac{L_2}{2} + x + \frac{w}{2}; \tag{5.23}$$

$$l_2 = L - l_1. \tag{5.24}$$

(5.23);

$$l_3 = \frac{L_3}{2} + x + \frac{w}{2}; \tag{5.25}$$

$$l_2 = L - l_1 - l_3. \tag{5.26}$$

6. (« »)

16162-85

:

$$F_1 = 50\sqrt{T} \quad T \leq 25 \quad ;$$

$$F_1 = 80\sqrt{T} \quad 25 < T \leq 250 \quad ;$$

$$F_2 = 125\sqrt{T} \quad - \quad ;$$

$$F_2 = 250\sqrt{T} \quad - \quad ,$$

$T, T -$

, . .

-

,

7.

((, -)).

).

(YOZ), -

(XOZ).

8.

.
.

;

-

-

-

9.

():

$$R_1 = \sqrt{R_{1X}^2 + R_{1Y}^2}; \quad (5.27)$$

$$R_2 = \sqrt{R_{2X}^2 + R_{2Y}^2}, \quad (5.28)$$

$R_{1X}, R_{1Y} -$

;

$R_{2X}, R_{2Y} -$

.

10.

.

) : , -
) ; , -
) , ; , -
) , F_X ; -
) ; -
) ; T . -
 (, , , , -
) , (, , .) -
 . T -
 (, , .) , -
 (, , .) T . -
 (, , .) , (-
) , , (-
).
 11. . , -
 .

$$M_{\Sigma i} = \sqrt{M_{iX}^2 + M_{iY}^2}, \tag{5.29}$$

$M_{iX}, M_{iY} -$,

12. :

$$M = \sqrt{M_{2i}^2 + T^2} \quad (5.30)$$

13. () :

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,1[\sigma_{-1}]}} \quad (5.31)$$

$[\sigma_{-1}] -$

$$[\sigma_{-1}] = 50 \dots 60$$

(5.31)

10 %.

(. . 3
d

.3,

$d > d$,

$d \quad d$

(
. 3.4).

5.2. Проверочный расчет валов на усталостную прочность

:

$$S = \frac{S \quad S}{\sqrt{S^2 + S^2}} \geq [S], \quad (5.32)$$

$S_\sigma -$;

$S_\tau -$;

$[S] -$,

$$[S] = 1,5 \dots 2,5.$$

$$S = \frac{-1}{-a k + \Psi_m}, \quad (5.33)$$

$$\sigma_{-1} - \sigma_{-1} \approx 0,43\sigma \quad (3.1);$$

$$\sigma - \sigma;$$

$$\beta - \beta;$$

$$R_a = 0,32...2,5 \quad \beta = 0,97...0,90;$$

$$k_{\sigma} - (5.3);$$

$$\varepsilon_{\sigma} - (5.4);$$

$$\Psi_{\sigma} - \Psi_{\sigma} = 0,2,$$

$$\Psi_{\sigma} = 0,25...0,3;$$

$$\sigma_m - \sigma_m$$

5.3. Значения коэффициентов k_{σ} и k_{τ}

		σ			
		600	700	800	900
	k_{σ}	1,6	1,75	1,8	1,9
	k_{τ}	1,5	1,6	1,7	1,9
	k_{σ}	1,55	1,6	1,65	1,7
	k_{τ}	2,35	2,45	2,55	2,65
	k_{σ}	1,55	1,6	1,65	1,7
	k_{τ}	1,46	1,49	1,52	1,55
	k_{σ}	2,23	2,3	2,37	2,44
	k_{τ}	1,63	1,7	1,77	1,84

$$= \frac{M_{\Sigma i}}{W}, \quad (5.34)$$

$$W - W, \quad 3.$$

$$W = \frac{d^3}{32}, \quad (5.35)$$

$d -$

5.4. Значения масштабных факторов ϵ_σ и ϵ_τ

	15	20	30	40	50	70	80	100
ϵ_σ	0,95	0,92	0,88	0,85	0,81	0,76	0,73	0,7
$\epsilon_\sigma;$ ϵ_τ	0,87	0,83	0,77	0,73	0,7	0,66	0,63	0,59

$$k_\sigma / \epsilon_\sigma \quad k_\tau / \epsilon_\tau \quad (5.5).$$

5.5. Значения $k_\sigma / \epsilon_\sigma$ и k_τ / ϵ_τ для валов с напрессованными деталями

	$k_\sigma / \epsilon_\sigma \quad \sigma$			$k_\tau / \epsilon_\tau \quad \sigma$		
	600	700	800	600	700	800
14	2,0 / 1,8	2,3 / 2,07	2,6 / 2,34	1,6 / 1,44	1,78 / 1,6	1,96 / 1,76
22	2,35 / 2,11	2,6 / 2,34	3,0 / 2,7	1,81 / 1,63	1,96 / 1,76	2,2 / 2,0
30	2,6 / 2,34	2,8 / 2,52	3,3 / 2,97	1,96 / 1,76	2,08 / 1,87	2,38 / 2,14
40	2,9 / 2,61	3,35 / 3,0	3,65 / 3,29	2,14 / 1,93	2,41 / 2,17	2,59 / 2,33
50	3,3 / 2,97	3,7 / 3,33	4,0 / 3,6	2,38 / 2,14	2,62 / 2,36	2,8 / 2,52
60	3,4 / 3,06	3,85 / 3,47	4,25 / 3,84	2,44 / 2,2	2,71 / 2,44	2,95 / 2,66
70	3,55 / 3,2	4,0 / 3,6	4,4 / 3,96	2,53 / 2,28	2,8 / 2,52	3,04 / 2,74

k_τ / ϵ_τ

$$k_\tau / \epsilon_\tau = 0,6(k_\sigma / \epsilon_\sigma) + 0,4.$$

$$W = \frac{d^3}{32} - \frac{bt_1(d-t_1)^2}{2d}, \quad (5.36)$$

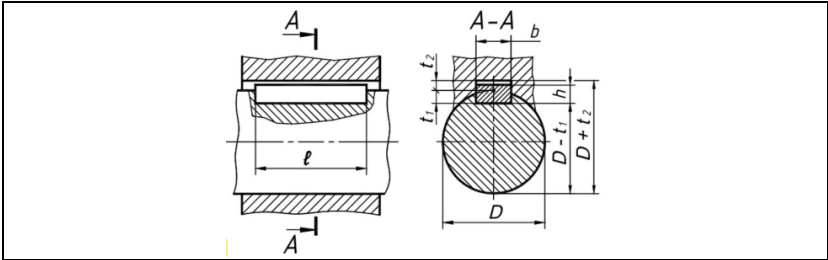
$b -$

5.6

$t_1 -$

5.6

5.6. Шпонки призматические (ГОСТ 23360-78)



d ,			s ,			l ,
	b	h		t_1	t_2	
12	5	5	0,25...0,4	3	2,3	10...56
» 17	6	6		3,5	2,8	14...70
» 22	8	7		4	3,3	18...90
» 30	10	8	0,4...0,6	5	3,3	22...110
» 38	12	8		5	3,3	28...140
» 44	14	9		5,5	3,8	36...160
» 50	16	10		6	4,3	45...180
» 58	18	11		7	4,4	50...200
» 65	20	12	0,6...0,8	7,5	4,9	56...220
» 75	22	14		9	5,4	63...250
» 85	25	14		9	5,4	70...280

10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 360; 400; 450; 500 .
5...10 .

$$W = \frac{d^3}{32}, \quad (5.37)$$

ζ -

$$\zeta = 1,125, \\ \zeta = 1,265.$$

$$\zeta = 1,205,$$

$$W = \frac{d^3}{32}, \quad (5.38)$$

d –

$$W = \frac{d_{f1}^3}{32}, \quad (5.39)$$

d_{f1} –

:

$$m = \frac{4F_x}{d^2}, \quad (5.40)$$

F_x –

$$\sigma_m = 0.$$

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{\tau_a k_\tau}{\beta \varepsilon_\tau} + \Psi_m}, \quad (5.41)$$

τ_{-1} –

$$\tau_{-1} = 0,58\sigma_{-1} \quad (3.1);$$

τ, τ_m –

k_τ –

$$(5.3);$$

ε_τ –

$$(5.4);$$

Ψ_τ –

$$\Psi_\tau = 0,1.$$

$$a_m = \frac{T}{2W}, \quad (5.42)$$

W –

3.

$$W = \frac{d^3}{16}. \quad (5.43)$$

$$W = \frac{d^3}{16} - \frac{bt(d-t_1)^2}{2d}. \quad (5.44)$$

$$W = \frac{d^3}{16}. \quad (5.45)$$

$$W = \frac{d^3}{16}. \quad (5.46)$$

$$W = \frac{d_{f1}^3}{16}. \quad (5.47)$$

$S < 1,5,$

5.3. Расчет валов на жесткость

-
 ,
 - ,
 -
 ,
 -
 $S < 1,5.$
 -
 ()
 :

$$f = \frac{L^3 \sqrt{F_{r1}^2 + F_{t1}^2}}{48EI} \leq [f], \quad (5.48)$$

L – , (. . . 5.1, 5.2);
 F_{t1}, F_{r1} – , ;
 E – , $E = 2,1 \cdot 10^5$;
 I – , $I = 4, \cdot 10^8$;
 $[f]$ – , .

$$I = \frac{d_{f1}^4}{64} (0,375 + 0,625 \frac{d_{a1}}{d_{f1}}), \quad (5.49)$$

d_{f1} – - ,
 d_{a1} – - ;
 , . :

$$[f] = (0,005 \dots 0,01)m, \quad (5.50)$$

m – , ;
 –
 $[f] = 0,005m;$ (5.51)

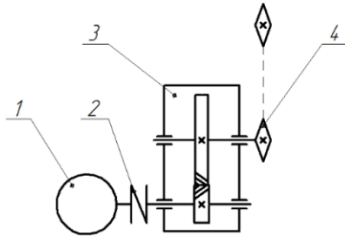
$$[f] = 0,01m. \quad (5.52)$$

: [1-5, 7-11].

6. ПРИМЕР РАСЧЕТА БЫСТРОХОДНОГО ВАЛА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КОСОЗУБОГО ОДНОСТУПЕНЧАТОГО РЕДУКТОРА

Исходные данные:

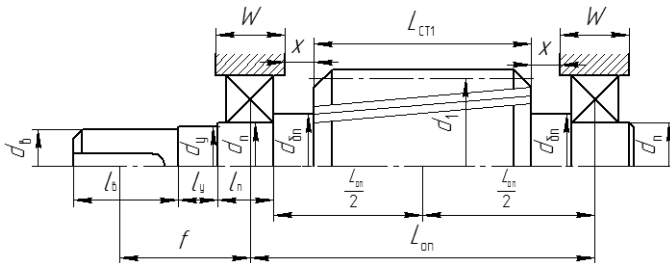
$T = 78$, $b_1 = 55$, $d_1 = 66,7$,
 $d_{f1} = 59,2$, $d = 28$.
 . 6.1.



. 6.1.
 2 - ; 3 - ; 4 -

6.1. Проектный расчет вала

1. 3.1 45
 240 , 120
 780 , 540 , 360 , 200 .
 2. (. 6.2).



. 6.2.

3.

3.1.

$$d = (0,8\dots1,0)d = d = (0,8\dots1,0) \cdot 28 = 22,4\dots28$$

$$d = 28 \quad (\dots 22) \quad : d = 28$$

3.2.

$$d = d + (3\dots5) = 28 + 4 = 32$$

. 5.1. $d = 32$

3.3.

$$d = d + (3\dots5) = 32 + 3 = 35$$

3.4.

$$d = d + (3\dots5) = 35 + 5 = 40$$

4.

4.1.

$$l = (1,0\dots1,5)d = (1,0\dots1,5) \cdot 28 = 28\dots42$$

$$l = 35$$

4.2.

. 5.1 $l = b = 10$ 32

4.3.

$$l = (1,0\dots1,2)d = (1,0\dots1,2) \cdot 35 = 35\dots42$$

$$l = 35$$

5.

$$L \approx L_1 + 2x + w.$$

$L_1 = b_1 = 55$; $x = 10$
 (. . 25);
 $w = 45$ (. . 5.2).

$$L = 55 + 2 \cdot 10 + 45 = 120$$

. 5.2

6. (« $f = 60$ ») (. . 6.2).

$$F_{r1} = 826,6 \quad , \quad F_{x1} = 320,0$$

$$16162-85$$

$$, \quad 25 < T \leq 250$$

$$F_1 = 80\sqrt{T} = 80\sqrt{78} = 706,5$$

7.

(. 6.3).
8.

– (YOZ) (XOZ)

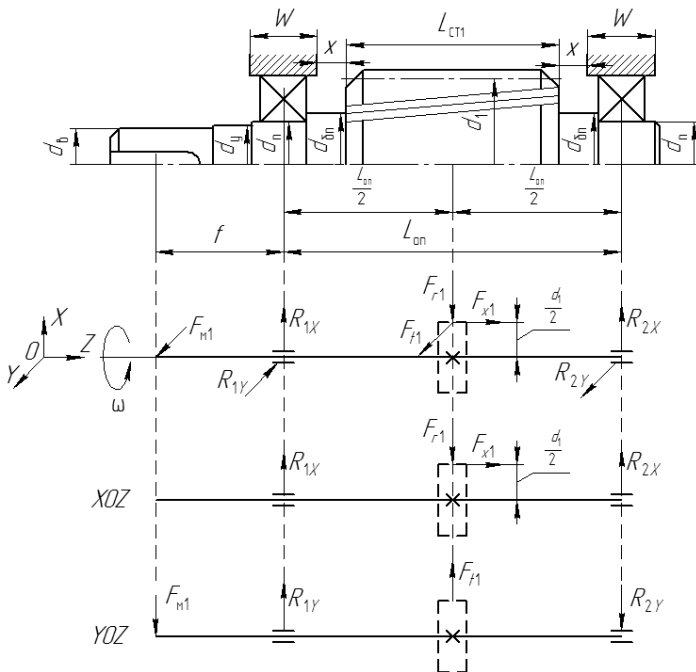
(XOZ):

$$\sum M_{F1X} = 0; -F_{r1} \frac{L}{2} - F_{x1} \frac{d_1}{2} + R_{2X} L = 0. \quad (6.1)$$

$$R_{2X} = \frac{F_{r1} \frac{L}{2} + F_{x1} \frac{d_1}{2}}{L}. \quad (6.2)$$

$$R_{2X} = \frac{826,6 \cdot \frac{120}{2} + 320 \cdot \frac{66,7}{2}}{120} = 502,2$$

$$\sum M_{F2X} = 0; -R_{1X} L + F_{r1} \frac{L}{2} - F_{x1} \frac{d_1}{2} = 0. \quad (6.3)$$



. 6.3.

$$R_{1X} = \frac{F_{r1} \frac{L}{2} - F_{x1} \frac{d_1}{2}}{L} \quad (6.4)$$

$$R_{1X} = \frac{826,6 \cdot \frac{120}{2} - 320 \cdot \frac{66,7}{2}}{120} = 324,4$$

:

$$\sum F_X = 0; R_{1X} + F_{r1} + R_{2X} = 0. \quad (6.5)$$

$$324,4 - 826,6 + 502,2 = 0.$$

(YOZ):

$$\sum M_{F_{1Y}} = 0; F_1 f + F_{t1} \frac{L}{2} - R_{2Y} L = 0. \quad (6.6)$$

$$R_{2Y} = \frac{F_1 f + F_{t1} \frac{L}{2}}{L}. \quad (6.7)$$

$$R_{2Y} = \frac{706,5 \cdot 60 + 2248,4 \cdot \frac{120}{2}}{120} = 1477,5 \quad .$$

$$\sum M_{F_{2Y}} = 0; F_1 (f + L) - R_{1Y} L - F_{t1} \frac{L}{2} = 0. \quad (6.8)$$

$$R_{1Y} = \frac{F_1 (f + L) - F_{t1} \frac{L}{2}}{L}. \quad (6.9)$$

$$R_{1Y} = \frac{706,5 \cdot (60 + 120) - 2248,4 \cdot \frac{120}{2}}{120} = -64,4 \quad .$$

«←»

R_{1Y}

:

$$\sum F_Y = 0; -F_1 - R_{1Y} + F_{t1} - R_{2Y} = 0. \quad (6.10)$$

$$-706,5 - 64,4 + 2248,4 - 1477,5 = 0.$$

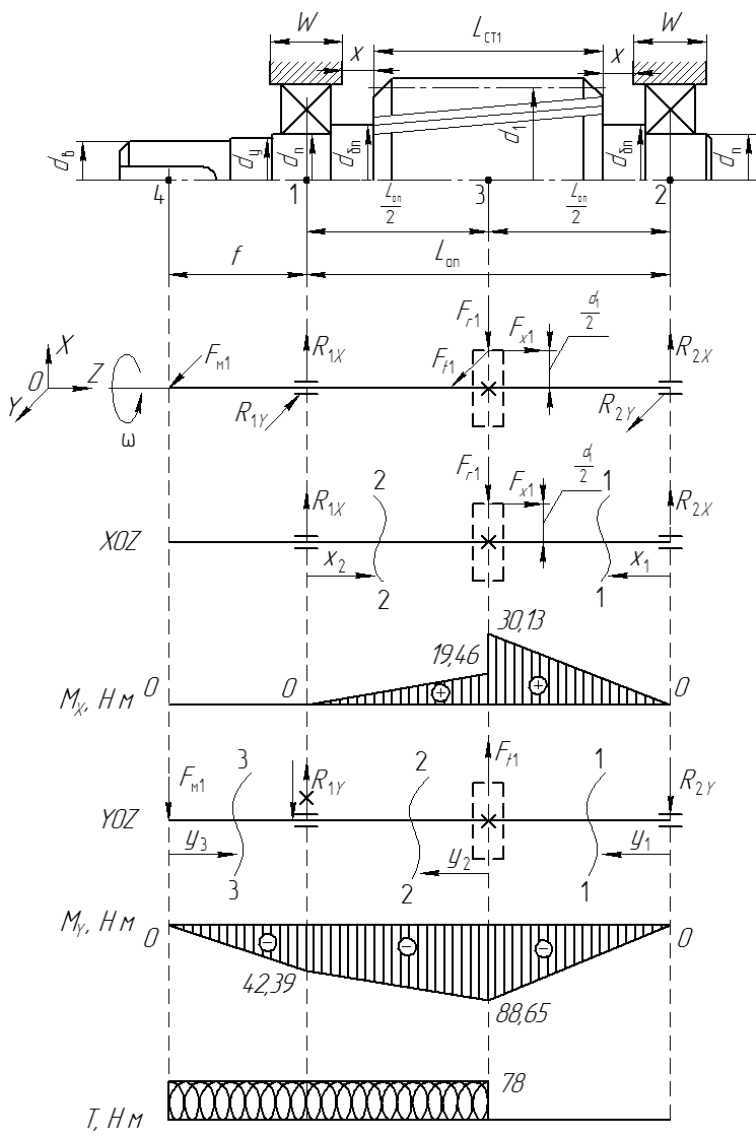
9.

$$R_1 = \sqrt{R_{1X}^2 + R_{1Y}^2} = \sqrt{324,4^2 + 64,4^2} = 330,7 \quad ;$$

$$R_2 = \sqrt{R_{2X}^2 + R_{2Y}^2} = \sqrt{502,2^2 + 1477,5^2} = 1560,5 \quad .$$

10.

(. 6.4).



. 6.4.

$$) \quad \begin{array}{l} \vdots \\ (XOZ). \\ 1-1: 0 \leq x_1 \leq \frac{L}{2}. \\ M_{1-1X} = R_{2X} x_1. \end{array} \quad (6.11)$$

$$x_1 = 0$$

$$M_{1-1X} = 502,2 \cdot 0 = 0 \quad . \quad .$$

$$x_1 = \frac{L}{2} = 0,06$$

$$M_{1-1X} = 502,2 \cdot 0,06 = 30,13 \quad . \quad .$$

$$2-2: 0 \leq x_2 \leq \frac{L}{2}. \\ M_{2-2X} = R_{1X} x_2. \quad (6.12)$$

$$x_2 = 0$$

$$M_{2-2X} = 324,4 \cdot 0 = 0 \quad . \quad .$$

$$x_2 = \frac{L}{2} = 0,06$$

$$M_{2-2X} = 324,4 \cdot 0,06 = 19,46 \quad . \quad ;$$

$$) \quad \begin{array}{l} (YOZ). \\ 1-1: 0 \leq y_1 \leq \frac{L}{2}. \\ M_{1-1Y} = -R_{2Y} y_1. \end{array} \quad (6.13)$$

$$y_1 = 0$$

$$M_{1-1Y} = -1477,5 \cdot 0 = 0 \quad . \quad .$$

$$y_1 = \frac{L}{2} = 0,06$$

$$M_{1-1Y} = -1477,5 \cdot 0,06 = -88,65 \quad . \quad .$$

$$2-2: 0 \leq y_2 \leq \frac{L}{2}.$$

$$M_{2-2Y} = -R_{2Y} \left(\frac{L}{2} + y_2 \right) + F_{t1} y_2. \quad (6.14)$$

$$y_2 = 0$$

$$M_{2-2Y} = -1477,5 \cdot (0,06 + 0) + 2248,4 \cdot 0 = -88,65 \quad \dots$$

$$y_2 = \frac{L}{2} = 0,06$$

$$M_{2-2Y} = -1477,5 \cdot (0,06 + 0,06) + 2248,4 \cdot 0,06 = -42,39 \quad \dots$$

$$3-3: 0 \leq y_3 \leq f.$$

$$M_{3-3Y} = -F_{1} y_3. \quad (6.15)$$

$$y_3 = 0$$

$$M_{3-3Y} = -706,5 \cdot 0 = 0 \quad \dots$$

$$y_3 = f = 0,06$$

$$M_{3-3Y} = -706,5 \cdot 0,06 = -42,39 \quad \dots$$

T

11.

$$M_{\Sigma 1} = \sqrt{M_{1X}^2 + M_{1Y}^2} = \sqrt{0 + 42,39^2} = 42,39 \quad \dots ;$$

$$M_{\Sigma 3} = \sqrt{M_{3X}^2 + M_{3Y}^2} = \sqrt{30,13^2 + 88,65^2} = 93,63 \quad \dots$$

3,

12.

$$M = \sqrt{M_{\Sigma 3}^2 + T^2} = \sqrt{93,63^2 + 78^2} = 121,86 \quad \dots$$

13.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,1[\sigma_{-1}]}}$$

$$[\sigma_{-1}] = 50$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,1[\sigma_{-1}]}} \geq \sqrt[3]{\frac{121,86 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 50}} = 29,0$$

$$d = 29$$

$$d_{f1} = 59,2$$

6.2. Проверочный расчет вала на усталостную прочность

$$S = \frac{S_1 S_2}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}} \geq [S]$$

$$[S] = 1,5 (\dots 30).$$

$$S = \frac{1}{\frac{1}{k} + \Psi_m}$$

3.1

$$\sigma_{-1} = 360$$

$$W = \frac{d_{f1}^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 59,2^3}{32} = 20358,5$$

$$= \frac{M_{\Sigma 3}}{W} = \frac{93,63 \cdot 10^3}{20358,5} = 4,6$$

$$, \beta = 0,95 \text{ (. . 31).}$$

. 5.3

$$k_{\sigma} = 1,65.$$

. 5.4

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,78.$$

$$, \Psi_{\sigma} = 0,2 \text{ (. . 31).}$$

$$m = \frac{4F_{x1}}{d_{f1}^2} = \frac{4 \cdot 320}{3,14 \cdot 59,2^2} = 0,12$$

$$S = \frac{360}{\frac{4,6}{0,95} \cdot \frac{1,65}{0,78} + 0,20 \cdot 0,12} = 35,1.$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{\tau_a}{\beta} \frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} + \Psi_m}$$

. 3.1

$$\tau_{-1} = 200$$

$$W = \frac{d_{f1}^3}{16} = \frac{3,14 \cdot 59,2^3}{16} = 40716,9$$

$$a = m = \frac{T}{2W} = \frac{78 \cdot 10^3}{2 \cdot 40716,9} = 0,96$$

. 5.3

$$k_\tau = 1,52.$$

. 5.4

$$\varepsilon_\tau = 0,68.$$

45

$$, \Psi_\tau = 0,1 (\dots 34).$$

$$S_\tau = \frac{200}{\frac{0,96}{0,95} \cdot \frac{1,52}{0,68} + 0,1 \cdot 0,96} = 84,9.$$

$$S = \frac{35,1 \cdot 84,9}{\sqrt{35,1^2 + 84,9^2}} = 32,4 \geq [S] = 1,5.$$

$$S = 32,4$$

$$[S] = 1,5,$$

7. ПРИМЕР РАСЧЕТА БЫСТРОХОДНОГО ВАЛА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ПРЯМОЗУБОГО ОДНОСТУПЕНЧАТОГО РЕДУКТОРА

Исходные данные:

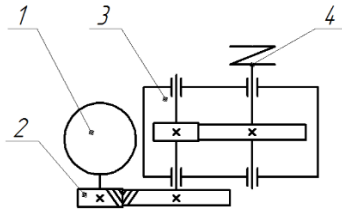
$$T = 363 \text{ ,}$$

$$d_2 = 309,2 \text{ ,}$$

$$d_1 = 160 \text{ ,}$$

$$b_1 = 75 \text{ .}$$

. 7.1.



. 7.1. : 1 - ;
2 - ;
3 - ; 4 -

7.1. Проектный расчет вала

1.

. 3.1

45

240 ,

120

: = 780

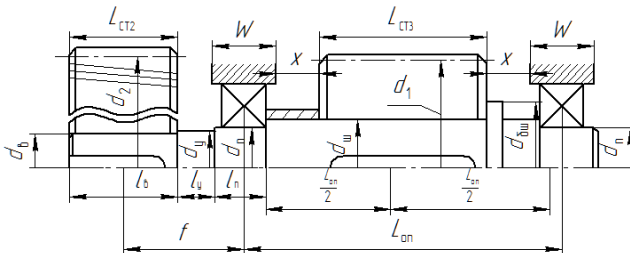
, = 540

, $n_1 = 360$

, $n_2 = 200$

2.

(. 7.2).



. 7.2.

3.

3.1.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T \cdot 10^3}{0,2[\tau]}}$$

$$[\tau] = 30$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T \cdot 10^3}{0,2[\tau]}} \geq \sqrt[3]{\frac{363 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30}} = 39,3$$

(...22)

$$: d = 40$$

3.2.

$$d = d + (3...5) = 40 + 4 = 44$$

$$.5.1. \quad d = 45$$

3.3.

$$d = d + (3...5) = 45 + 3 = 48$$

$$0, \quad 5. \quad d = 50$$

3.4.

$$d = d + (3...5) = 50 + 4 = 54$$

3.5.

$$d = d + (3...5) = 54 + 4 = 58$$

$$(160 > 2 \cdot 54 = 108)$$

4.

4.1.

$$l = (1,0...1,5)d = (1,0...1,5) \cdot 40 = 40...60$$

$$l = 50$$

4.2. . 5.1 . 45 -
 $l = b = 10$.

4.3. :
 $l = (1,0...1,2)d = (1,0...1,2) \cdot 50 = 50...60$.
 $l = 50$.

5. :
 $L \approx L_3 + 2x + w$.
: $L_3 = b_1 = 75$;
 $x = 10$

(. . 25);
 $w = 55$ (. . 5.2).

$$L = 75 + 2 \cdot 10 + 55 = 150$$

. 5.2 , -

(. . 7.2).
 $f = 90$

6. (« ») , -
: -
($F_{r2} = 880,8$, $F_{l2} = 2348,1$, $F_{x2} = 585,4$);

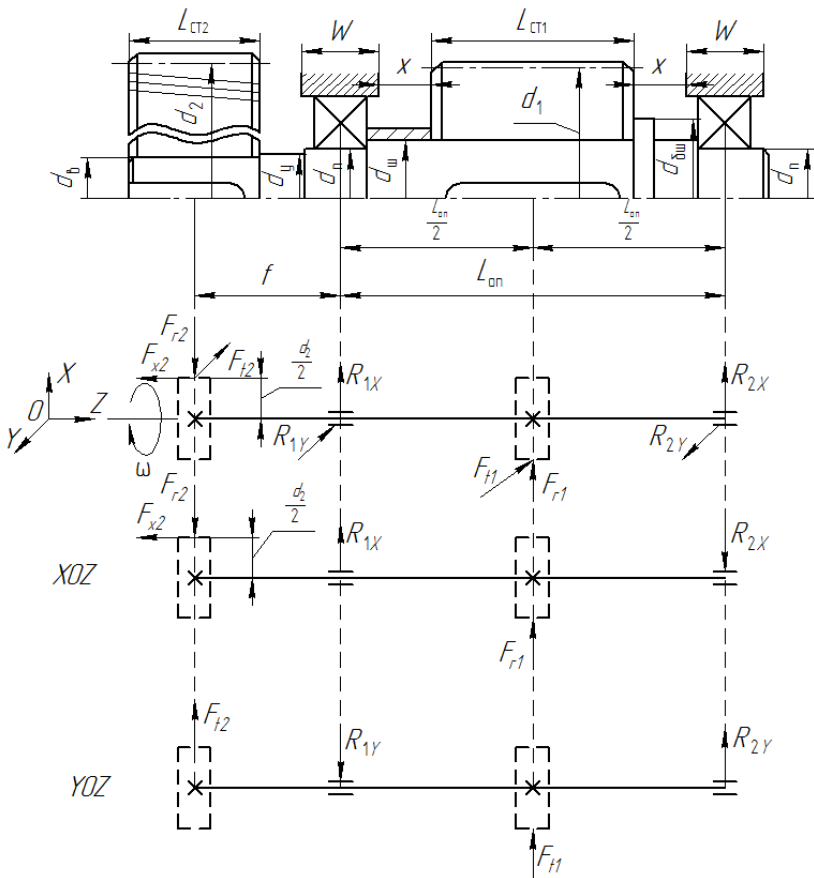
($F_{r1} = 1558,0$) , -
7. -

(YOZ) (XOZ)

(. 7.3).
8.

(XOZ):

$$\sum M_{F_{1X}} = 0; F_{x2} \frac{d_2}{2} + F_{r2} f + F_{r1} \frac{L}{2} - R_{2X} L = 0. \quad (7.1)$$



. 7.3.

$$R_{2X} = \frac{F_{x2} \frac{d_2}{2} + F_{r2} f + F_{r1} \frac{L}{2}}{L} \quad (7.2)$$

$$R_{2X} = \frac{585,4 \cdot \frac{309,2}{2} + 880,8 \cdot 90 + 1558 \cdot \frac{150}{2}}{150} = 1910,8$$

$$\sum M_{F_{2X}} = 0; F_{x2} \frac{d_2}{2} + F_{r2}(f + L) - R_{1X}L - F_{r1} \frac{L}{2} = 0. \quad (7.3)$$

$$R_{1X} = \frac{F_{x2} \frac{d_2}{2} + F_{r2}(f + L) - F_{r1} \frac{L}{2}}{L}. \quad (7.4)$$

$$R_{1X} = \frac{585,4 \cdot \frac{309,2}{2} + 880,8 \cdot (90 + 150) - 1558 \cdot \frac{150}{2}}{150} = 1233,6$$

:

$$\sum F_X = 0; -F_{r2} + R_{1X} + F_{r1} - R_{2X} = 0. \quad (7.5)$$

$$-880,8 + 1233,6 + 1558,0 - 1910,8 = 0.$$

,

(YOZ):

$$\sum M_{F_{1Y}} = 0; -F_{r2}f + F_{r1} \frac{L}{2} + R_{2Y}L = 0. \quad (7.6)$$

$$R_{2Y} = \frac{F_{r2}f - F_{r1} \frac{L}{2}}{L}. \quad (7.7)$$

$$R_{2Y} = \frac{2348,1 \cdot 90 - 4328,0 \cdot \frac{150}{2}}{150} = -755,1$$

«-»

R_{2Y}

$$\sum M_{F_{2Y}} = 0; -F_{r2}(f + L) + R_{1Y}L - F_{r1} \frac{L}{2} = 0. \quad (7.8)$$

$$R_{1Y} = \frac{F_{r2}(f + L) + F_{r1} \frac{L}{2}}{L}. \quad (7.9)$$

$$R_{1Y} = \frac{2348,1 \cdot (90 + 150) + 4328,0 \cdot \frac{150}{2}}{150} = 5921,0$$

:

$$\sum F_Y = 0; F_{r2} - R_{1Y} + F_{r1} - R_{2Y} = 0. \quad (7.10)$$

$$2348,1 - 5921,0 + 4328,0 - 755,1 = 0.$$

9.

$$R_1 = \sqrt{R_{1X}^2 + R_{1Y}^2} = \sqrt{1233,6^2 + 5921,0^2} = 6048,1 \quad ;$$

$$R_2 = \sqrt{R_{2X}^2 + R_{2Y}^2} = \sqrt{1910,8^2 + 755,1^2} = 2054,6 \quad .$$

10.

$$(\quad . 7.4).$$

:

)

(XOZ).

$$1-1: 0 \leq x_1 \leq \frac{L}{2} .$$

$$M_{1-1X} = -R_{2X} x_1. \quad (7.11)$$

$$x_1 = 0$$

$$M_{1-1X} = -1910,8 \cdot 0 = 0 \quad . .$$

$$x_1 = \frac{L}{2} = 0,075$$

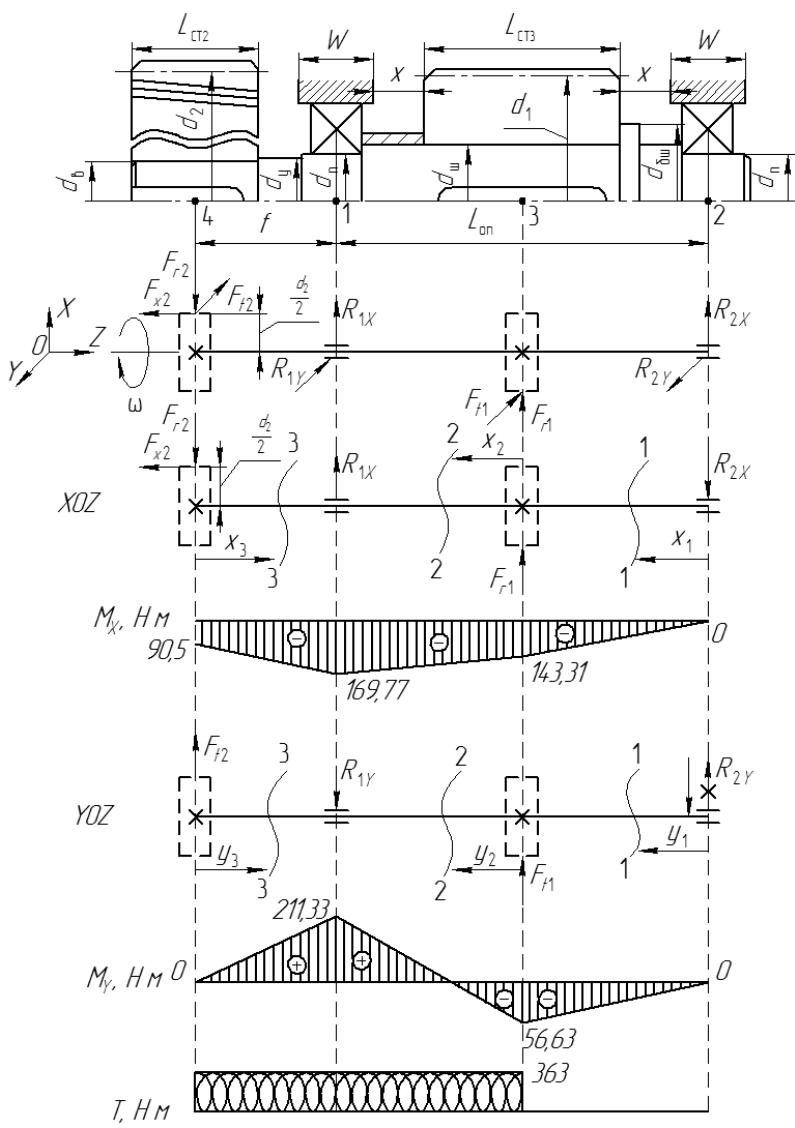
$$M_{1-1X} = -1910,8 \cdot 0,075 = -143,31 \quad . .$$

$$2-2: 0 \leq x_2 \leq \frac{L}{2} .$$

$$M_{2-2X} = -R_{2X} \left(\frac{L}{2} + x_2 \right) + F_{r1} x_2. \quad (7.12)$$

$$x_2 = 0$$

$$M_{2-2X} = -1910,8 \cdot 0,075 = -143,31 \quad . .$$



. 7.4.

$$x_2 = \frac{L}{2} = 0,075$$

$$M_{2-2X} = -1910,8 \cdot (0,075 + 0,075) + 1558,0 \cdot 0,075 = -169,77 \quad \cdot \cdot$$

$$3-3: 0 \leq x_3 \leq f.$$

$$M_{3-3X} = -F_{x2} \frac{d_2}{2} - F_{r2} x_3. \quad (7.13)$$

$$x_3 = 0$$

$$M_{3-3X} = -585,4 \cdot \frac{0,3092}{2} = -90,50 \quad \cdot \cdot$$

$$x_3 = f = 0,09$$

$$M_{3-3X} = -585,4 \cdot \frac{0,3092}{2} - 880,8 \cdot 0,09 = -169,77 \quad \cdot \cdot ;$$

) (YOZ).

$$1-1: 0 \leq y_1 \leq \frac{L}{2}.$$

$$M_{1-1Y} = -R_{2Y} y_1. \quad (7.14)$$

$$y_1 = 0$$

$$M_{1-1Y} = -755,1 \cdot 0 = 0 \quad \cdot \cdot$$

$$y_1 = \frac{L}{2} = 0,075$$

$$M_{1-1Y} = -755,1 \cdot 0,075 = -56,63 \quad \cdot \cdot$$

$$2-2: 0 \leq y_2 \leq \frac{L}{2}.$$

$$M_{2-2Y} = -R_{2Y} \left(\frac{L}{2} + y_2 \right) + F_{i1} y_2. \quad (7.15)$$

$$y_2 = 0$$

$$M_{2-2Y} = -755,1 \cdot (0,075 + 0) + 4328,0 \cdot 0 = -56,63 \quad \cdot \cdot$$

$$y_2 = \frac{L}{2} = 0,075$$

$$M_{2-2Y} = -755,1 \cdot (0,075 + 0,075) + 4328,0 \cdot 0,075 = 211,33 \quad \dots$$

$$3-3: 0 \leq y_3 \leq f.$$

$$M_{3-3Y} = F_{t_2} y_3. \quad (7.16)$$

$$y_3 = 0$$

$$M_{3-3Y} = 2348,1 \cdot 0 = 0 \quad \dots$$

$$y_3 = f = 0,09$$

$$M_{3-3Y} = 2348,1 \cdot 0,09 = 211,33 \quad \dots$$

T

11.

:

$$M_{\Sigma 1} = \sqrt{M_{1X}^2 + M_{1Y}^2} = \sqrt{169,77^2 + 211,33^2} = 271,1 \quad \dots ;$$

$$M_{\Sigma 3} = \sqrt{M_{3X}^2 + M_{3Y}^2} = \sqrt{143,31^2 + 56,63^2} = 154,1 \quad \dots ;$$

$$M_{\Sigma 4} = \sqrt{M_{4X}^2 + M_{4Y}^2} = \sqrt{90,5^2 + 0} = 90,5 \quad \dots$$

1,

12.

:

$$M = \sqrt{M_{\Sigma 1}^2 + T^2} = \sqrt{271,1^2 + 363,0^2} = 453,06 \quad \dots$$

13.

:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,1[\sigma_{-1}]}}$$

$$[\sigma_{-1}] = 60$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,1[\sigma_{-1}]}} \geq \sqrt[3]{\frac{453,06 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 60}} = 42,3$$

$$d = 42,3$$

$$d = 50$$

7.2. Проверочный расчет вала на усталостную прочность

$$S = \frac{S \cdot S}{\sqrt{S^2 + S^2}} \geq [S]$$

$$[S] = 2,5 \quad (\text{... } 30)$$

$$S = \frac{-1}{-\frac{a}{k} + \Psi_m}$$

$$\cdot 3,1$$

$$\sigma_{-1} = 360$$

$$W = \frac{d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 50^3}{32} = 12265,63$$

$$= \frac{M_{\Sigma 1}}{W} = \frac{271,1 \cdot 10^3}{12265,63} = 22,10$$

$$, \beta = 0,95 \quad (\text{... } 31)$$

(), . 5.5

$$k_{\sigma} / \varepsilon_{\sigma} = 3,6.$$

45

$$, \Psi_{\sigma} = 0,2 (\dots 31).$$

$F_x,$

$$m = 0.$$

$$S = \frac{360}{\frac{22,10}{0,95} \cdot 3,55 + 0,20 \cdot 0} = 4,4.$$

:

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{\tau_a}{\beta} \frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} + \Psi^m}$$

. 3.1

$$\tau_{-1} = 200$$

:

$$W = \frac{d^3}{16} = \frac{3,14 \cdot 50^3}{16} = 24531,25 \text{ }^3.$$

:

$$a_m = \frac{T}{2W} = \frac{363,0 \cdot 10^3}{2 \cdot 24531,25} = 14,8$$

. 5.5

$$k_{\tau} / \varepsilon_{\tau} = 2,49.$$

45

, $\Psi_\tau = 0,1$ (. . 34).

$$S_\tau = \frac{200}{\frac{14,80}{0,95} \cdot 2,49 + 0,1 \cdot 14,80} = 5,0.$$

$$S = \frac{4,4 \cdot 5,0}{\sqrt{4,4^2 + 5,0^2}} = 3,3 > [S] = 2,5.$$

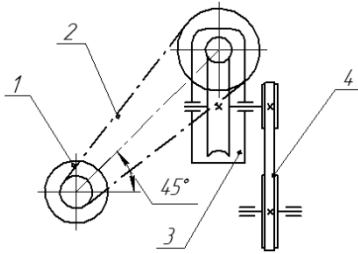
$S = 3,3$

$[S] = 2,5,$

8. ПРИМЕР РАСЧЕТА ВАЛА-ЧЕРВЯКА ЧЕРВЯЧНОГО ОДНОСТУПЕНЧАТОГО РЕДУКТОРА

Исходные данные:

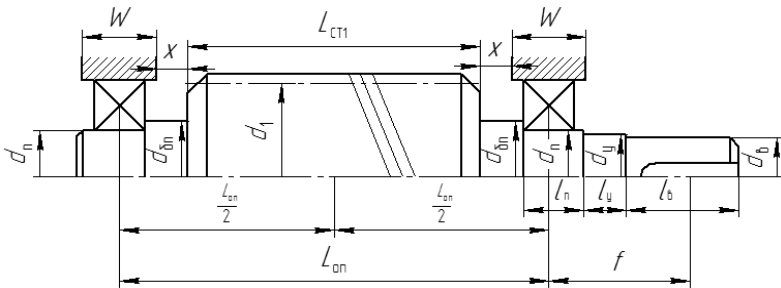
$$\begin{aligned}
 T &= 77,4 \quad , & m &= 10 \quad , \\
 d_1 &= 80 \quad , & d_{a1} &= 100 \quad , \\
 d_{aM2} &= 350 \quad . & d_{f1} &= 56 \quad , & . 8.1.
 \end{aligned}$$



. 8.1. : 1 – ; 2 – ; 3 – ; 4 – ;

8.1. Проектный расчет вала

1. . 3.1 . 40 -
270 , 80 -
: = 900 , = 650 , $\sigma_{-1} = 410$, $\sigma_{-1} = 230$.
2. (. 8.2).



. 8.2. -

3.

3.1.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T \cdot 10^3}{0,2[\]}} \geq \sqrt[3]{\frac{77,4 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 26}} = 24,6$$

(. . . 22)

: $d = 25$

3.2.

$$d = d + (3 \dots 5) = 25 + 5 = 30$$

. 5.1.

$$d = 30$$

3.3.

$$d = d + (3 \dots 5) = 30 + 5 = 35$$

$$d = 35$$

3.4.

$$d = d + (3 \dots 5) = 35 + 5 = 40$$

4.

4.1.

$$l = (1,0 \dots 1,5)d = (1,0 \dots 1,5) \cdot 25 = 25 \dots 37,5$$

$$l = 30$$

4.2.

. 5.1

$$l = b = 10$$

30

4.3.

$$l = (1,0 \dots 1,2)d = (1,0 \dots 1,2) \cdot 35 = 35 \dots 42$$

$$l = 40$$

5.

$$L \approx d_{am2} = 350 = 0,35$$

. 5.2

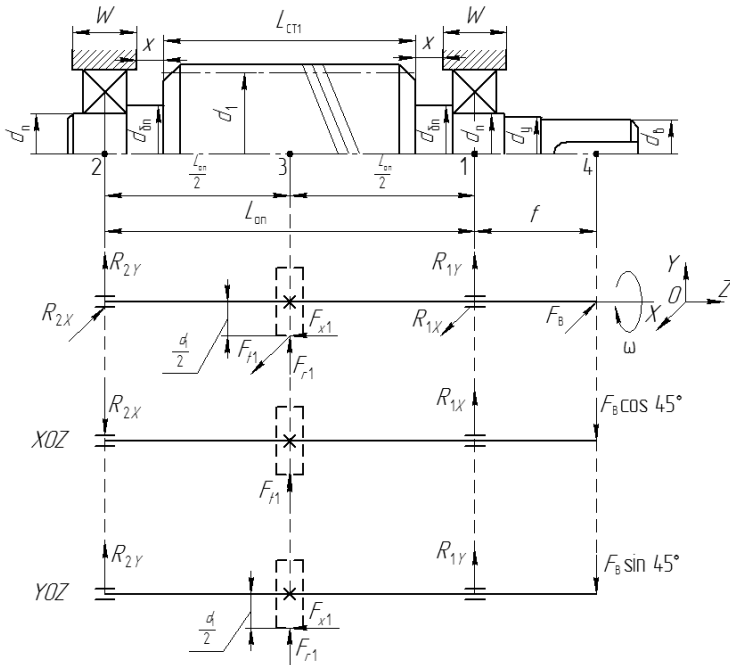
$$f = 60 = 0,06 \quad (. . . 8.2).$$

6.

$$F_{x1} = 3254,9 \quad , \quad F_{r1} = 1184,7 \quad , \quad F = 1280,5 \quad .$$

7.

(YOZ) (XOZ) (. 8.3).



. 8.3.

8.

(XOZ):

$$\sum M_{F_{1X}} = 0; \quad -F \cos 45^\circ f - F_{r1} \frac{L}{2} + R_{2x} L = 0. \quad (8.1)$$

$$R_{2X} = \frac{F \cos 45^\circ f + F_{r1} \frac{L}{2}}{L}. \quad (8.2)$$

$$R_{2X} = \frac{1280,5 \cdot \cos 45^\circ \cdot 60 + 1622,8 \cdot \frac{350}{2}}{350} = 966,6 \quad .$$

$$\sum M_{F_{2X}} = 0; F_{r1} \frac{L}{2} + R_{1X} L - F \cos 45^\circ (f + L) = 0. \quad (8.3)$$

$$R_{1X} = \frac{F \cos 45^\circ (f + L) - F_{r1} \frac{L}{2}}{L}. \quad (8.4)$$

$$R_{1X} = \frac{1280,5 \cdot \cos 45^\circ \cdot (60 + 350) - 1622,8 \cdot \frac{350}{2}}{350} = 249,1 \quad .$$

:

$$\sum F_X = 0; -F \cos 45^\circ + R_{1X} + F_{r1} - R_{2X} = 0. \quad (8.5)$$

$$-1280,5 \cdot \cos 45^\circ + 249,1 + 1622,8 - 966,6 = 0.$$

(YOZ):

$$\sum M_{F_{1Y}} = 0; -F \sin 45^\circ f - F_{r1} \frac{L}{2} - F_{x1} \frac{d_1}{2} - R_{2Y} L = 0. \quad (8.6)$$

$$R_{2Y} = \frac{-F \sin 45^\circ f - F_{r1} \frac{L}{2} - F_{x1} \frac{d_1}{2}}{L}. \quad (8.7)$$

$$R_{2Y} = \frac{-1280,5 \cdot \sin 45^\circ \cdot 60 - 1184,7 \cdot \frac{350}{2} - 3254,9 \cdot \frac{80}{2}}{350} = -1119,5 \quad .$$

«-»
 R_{2Y}

$$\sum M_{F_{2Y}} = 0; F_{r1} \frac{L}{2} - F_{x1} \frac{d_1}{2} + R_{1Y} L - F \sin 45^\circ (f + L) = 0. \quad (8.8)$$

$$R_{1Y} = \frac{-F_{r1} \frac{L}{2} + F_{x1} \frac{d_1}{2} + F \sin 45^\circ (f + L)}{L}. \quad (8.9)$$

$$R_{1Y} = \frac{-1184,7 \cdot \frac{350}{2} + 3254,9 \cdot \frac{80}{2} + 1280,5 \cdot \sin 45^\circ \cdot (60 + 350)}{350} = 840,1$$

:

$$\sum F_Y = 0; -F \sin 45^\circ + R_{1Y} + F_{r1} - R_{2Y} = 0. \quad (8.10)$$

$$-1280,5 \cdot \sin 45^\circ + 840,1 + 1184,7 - 1119,5 = 0.$$

9.

$$R_1 = \sqrt{R_{1X}^2 + R_{1Y}^2} = \sqrt{249,1^2 + 840,1^2} = 876,3$$

$$R_2 = \sqrt{R_{2X}^2 + R_{2Y}^2} = \sqrt{966,6^2 + 1119,5^2} = 1479,1$$

10.

$$(\text{ . 8.4}).$$

:

)

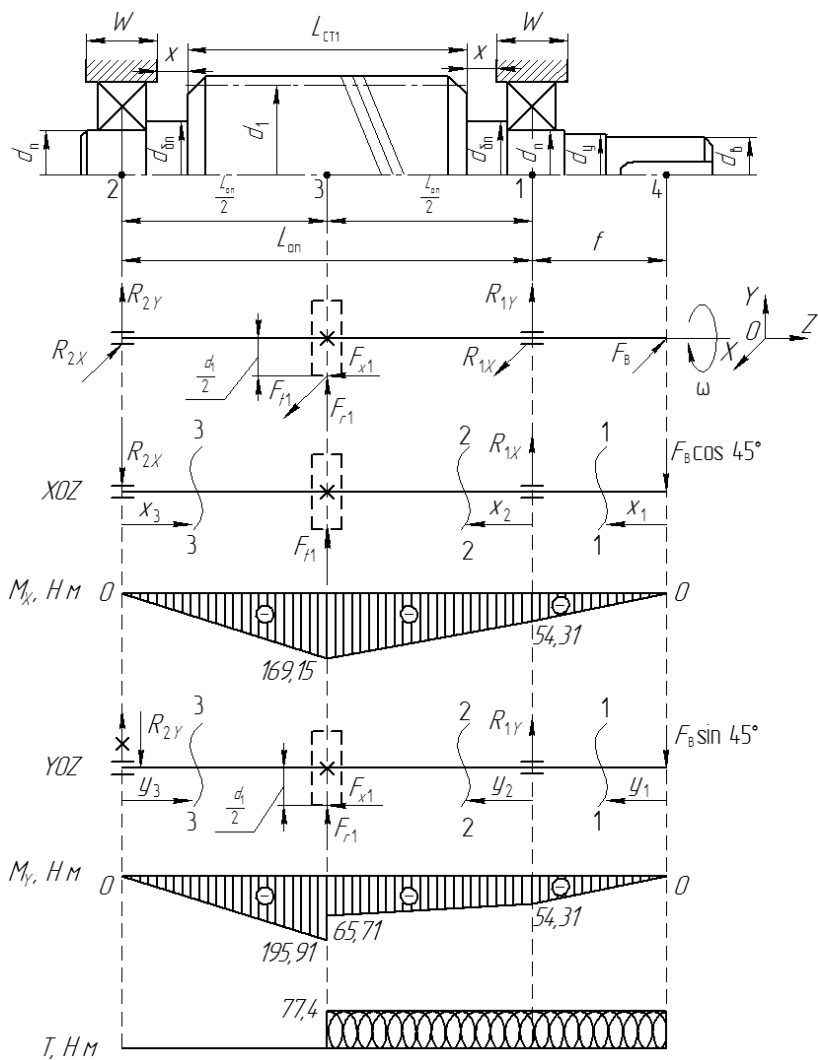
(XOZ).

$$1-1: 0 \leq x_1 \leq f.$$

$$M_{1-1X} = -F \cos 45^\circ x_1. \quad (8.11)$$

$$x_1 = 0$$

$$M_{1-1X} = -1280,5 \cdot \cos 45^\circ \cdot 0 = 0$$



. 8.4.

$$x_1 = f = 0,06$$

$$M_{1-1X} = -1280,5 \cdot \cos 45^\circ \cdot 0,06 = -54,31 \quad \dots$$

$$2-2: 0 \leq x_2 \leq \frac{L}{2}.$$

$$M_{2-2X} = -F \cos 45^\circ (f + x_2) + R_{1X} x_2. \quad (8.12)$$

$$x_2 = 0$$

$$M_{2-2X} = -1280,5 \cdot \cos 45^\circ \cdot (0,06 + 0) + 249,1 \cdot 0 = -54,31 \quad \dots$$

$$x_2 = \frac{L}{2} = 0,175$$

$$M_{2-2X} = -1280,5 \cdot \cos 45^\circ \cdot (0,06 + 0,175) + 249,1 \cdot 0,175 = -169,15 \quad \dots$$

$$3-3: 0 \leq x_3 \leq \frac{L}{2}.$$

$$M_{3-3X} = -R_{2X} x_3. \quad (8.13)$$

$$x_3 = 0$$

$$M_{3-3X} = -966,6 \cdot 0 = 0 \quad \dots$$

$$x_3 = \frac{L}{2} = 0,175$$

$$M_{3-3X} = -966,6 \cdot 0,175 = -169,15 \quad \dots ;$$

)

(YOZ).

$$1-1: 0 \leq y_1 \leq f.$$

$$M_{1-1Y} = -F \sin 45^\circ y_1. \quad (8.14)$$

$$y_1 = 0$$

$$M_{1-1Y} = -1280,5 \cdot \sin 45^\circ \cdot 0 = 0 \quad \dots$$

$$y_1 = f = 0,06$$

$$M_{1-1Y} = -1280,5 \cdot \sin 45^\circ \cdot 0,06 = -54,31 \quad \dots$$

$$2-2: 0 \leq y_2 \leq \frac{L}{2}.$$

$$M_{2-2Y} = -F \sin 45^\circ (f + y_2) + R_{1Y} y_2. \quad (8.15)$$

$$y_2 = 0$$

$$M_{2-2Y} = -1280,5 \cdot \sin 45^\circ \cdot (0,06 + 0) + 840,1 \cdot 0 = -54,31 \quad \dots$$

$$y_2 = \frac{L}{2} = 0,175$$

$$M_{2-2Y} = -1280,5 \cdot \sin 45^\circ \cdot (0,06 + 0,175) + 840,1 \cdot 0,175 = -65,71 \quad \dots$$

$$3-3: 0 \leq y_3 \leq \frac{L}{2}.$$

$$M_{3-3Y} = -R_{2Y} y_3. \quad (8.16)$$

$$y_3 = 0$$

$$M_{3-3Y} = -1119,5 \cdot 0 = 0 \quad \dots$$

$$y_3 = \frac{L}{2} = 0,175$$

$$M_{3-3Y} = -1119,5 \cdot 0,175 = -195,91 \quad \dots$$

T

11.
:

$$M_{\Sigma 1} = \sqrt{M_{1X}^2 + M_{1Y}^2} = \sqrt{54,31^2 + 54,31^2} = 54,31 \quad \dots ;$$

$$M_{\Sigma 3} = \sqrt{M_{3X}^2 + M_{3Y}^2} = \sqrt{169,15^2 + 195,91^2} = 258,83 \quad \dots$$

3,

12.

$$M = \sqrt{M_{\Sigma 3}^2 + T^2} = \sqrt{258,83^2 + 77,4^2} = 270,15 \quad \dots$$

13.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,1[\sigma_{-1}]}}$$

$$[\sigma_{-1}] = 55$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{270,15 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 55}} = 36,6$$

$$d = 36,6$$

$$d_{f1} = 56$$

8.2. Проверочный расчет вала на усталостную прочность

$$S = \frac{S \cdot S}{\sqrt{S^2 + S^2}} \geq [S]$$

$$[S] = 2,0 \quad (\dots 30)$$

$$S = \frac{-1}{\frac{a}{k} + \Psi_m}$$

$$\sigma_{-1} = 410$$

$$W = \frac{d_{f1}^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 56^3}{32} = 17232,3$$

$$= \frac{M_{\Sigma 3}}{W} = \frac{258833}{17232,3} = 15,1$$

$$\beta = 0,95 \quad (\dots 31).$$

. 5.3

$$k_{\sigma} = 2,44.$$

. 5.4

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,7.$$

40

$$\Psi_{\sigma} = 0,27 \quad (\dots 31).$$

$$m = \frac{4F_{x1}}{d_{f1}^2} = \frac{4 \cdot 3254,9}{3,14 \cdot 56^2} = 1,3$$

$$S = \frac{410}{\frac{15,1}{0,95} \cdot \frac{2,44}{0,7} + 0,27 \cdot 1,3} = 7,4.$$

:

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{\tau_a}{\beta} \frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} + \Psi_m}$$

. 3.1

$$\tau_{-1} = 230$$

$$W = \frac{d_{f1}^3}{16} = \frac{3,14 \cdot 56^3}{16} = 34464,6 \quad ^3.$$

:

$$a_m = \frac{T}{2W} = \frac{77,4 \cdot 10^3}{2 \cdot 34464,6} = 1,1$$

. 5.3

$$k_{\tau} = 1,84.$$

5.4
 $\varepsilon_{\tau} = 0,7$.

40

, $\Psi_{\tau} = 0,1$ (. . . 34).

$$S_{\tau} = \frac{230}{\frac{1,1}{0,95} \cdot \frac{1,84}{0,70} + 0,1 \cdot 1,1} = 72,9.$$

$$S = \frac{7,4 \cdot 72,9}{\sqrt{7,4^2 + 72,9^2}} = 7,4 \geq [S] = 2.$$

8.3. Расчет вала на жесткость

():

$$f = \frac{L^3 \sqrt{F_{r1}^2 + F_{t1}^2}}{48EI} \leq [f].$$

$$I = \frac{d_{f1}^4}{64} (0,375 + 0,625 \frac{d_{a1}}{d_{f1}}) =$$

$$= \frac{3,14 \cdot 56^4}{64} \cdot (0,375 + 0,625 \cdot \frac{100}{56}) = 719449,4 \text{ } ^4.$$

$$f = (0,005 \dots 0,01) m = (0,005 \dots 0,01) \cdot 10 = 0,05 \dots 0,1 \text{ } .$$

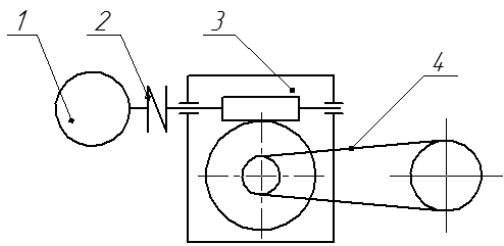
$$f = 0,1 \text{ } .$$

$$f = \frac{350^3 \sqrt{1622,8^2 + 1184,7^2}}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 719449,4} = 0,01 < [f] = 0,1 \text{ } .$$

9. ПРИМЕР РАСЧЕТА ТИХОХОДНОГО ВАЛА ЧЕРВЯЧНОГО ОДНОСТУПЕНЧАТОГО РЕДУКТОРА

Исходные данные:

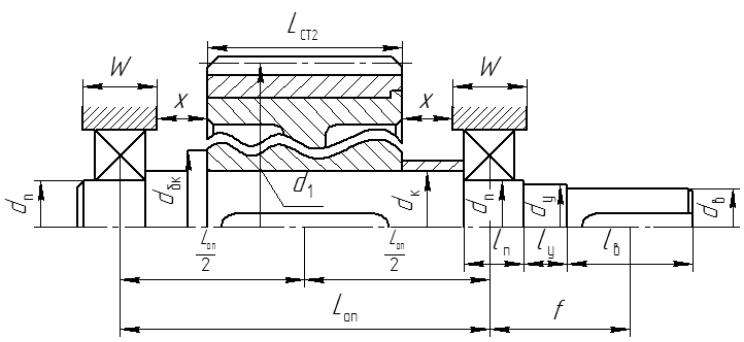
$T = 520,8$; $d_2 = 320$; $d_{a2} = 340$; $d_p = 296$. . 9.1.



. 9.1. : 1 - ; 2 - ; 3 - ; 4 -

9.1. Проектный расчет вала

1. . 3.1 . 45
 240 , 120
 : $= 780$, $= 540$, $= 360$, $= 200$.
 2. (. 9.2).



. 9.2.

3.

3.1.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T \cdot 10^3}{0,2}} \geq \sqrt[3]{\frac{520,8 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 29}} = 44,8$$

(. . 22)

: $d = 45$

3.2.

$$d = d + (3 \dots 5) = 45 + 5 = 50$$

. 5.1.

$$d = 50$$

3.3.

$$d = d + (3 \dots 5) = 50 + 5 = 55$$

3.4.

$$d = d + (3 \dots 5) = 55 + 5 = 60$$

3.5.

$$d = d + (3 \dots 5) = 60 + 5 = 65$$

4.

4.1.

$$l = (1,0 \dots 1,5)d = (1,0 \dots 1,5) \cdot 45 = 45 \dots 67,5$$

$$l = 60$$

4.2.

. 5.1

$$l = b = 10$$

50

4.3.

$$l = (1,0 \dots 1,2)d = (1,0 \dots 1,2) \cdot 55 = 55 \dots 66$$

$$l = 60$$

5.

$$L \approx L_2 + 2x + w.$$

$$x = 10 \quad (\dots 25).$$

. 5.2

$$w = 64$$

$$L_2 = (1,2 \dots 1,5)d = (1,2 \dots 1,5) \cdot 60 = 72 \dots 90$$

$$L_2 = 78$$

$$L \approx 78 + 2 \cdot 10 + 64 = 240 = 0,24$$

. 5.2

$$f = 100 = 0,1 \quad (\dots . 9.2).$$

6.

$$: \quad F_{i2} = 3254,9$$

$$F_{i2} = 1184,7$$

$$F_{x2} = 1622,8$$

$$F = 2350,5$$

7.

$$(YOZ) \quad (XOZ) \quad (\dots . 9.3).$$

8.

(XOZ):

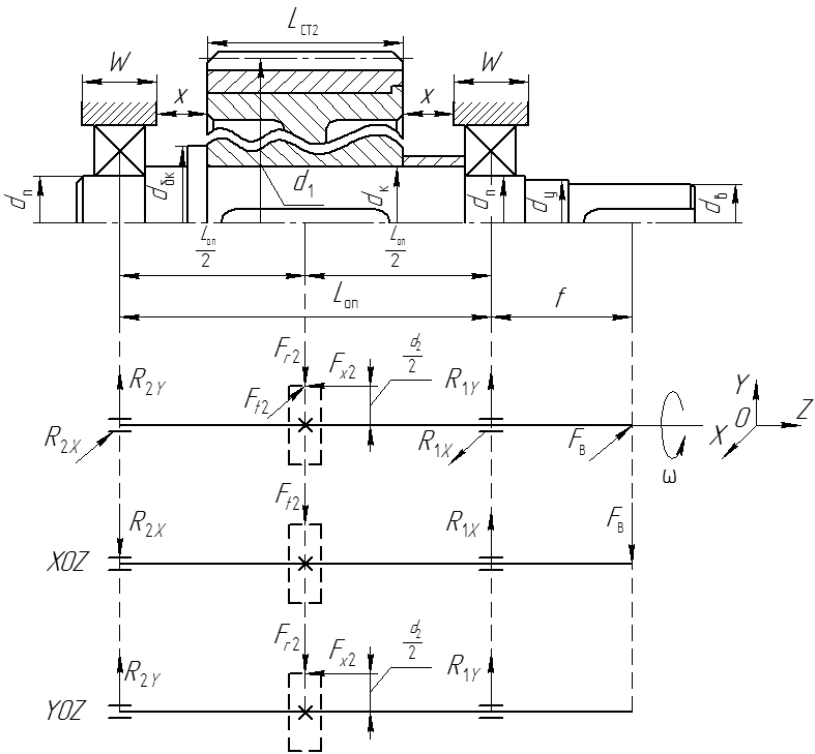
$$\sum M_{F1X} = 0; \quad -F \cdot f + F_{i2} \frac{L}{2} + R_{2X} L = 0. \quad (9.1)$$

$$R_{2X} = \frac{F \cdot f - F_{i2} \frac{L}{2}}{L}. \quad (9.2)$$

$$R_{2X} = \frac{2350,5 \cdot 100 - 3254,9 \cdot \frac{240}{2}}{240} = -648,1$$

«←»

R_{2X}



.9.3.

$$\sum M_{F_{2X}} = 0; -F_{r2} \frac{L}{2} + R_{1X} L - F(f + L) = 0. \quad (9.3)$$

$$R_{1X} = \frac{F(f + L) + F_{r2} \frac{L}{2}}{L}. \quad (9.4)$$

$$R_{1X} = \frac{2350,5 \cdot (100 + 240) + 3254,9 \cdot \frac{240}{2}}{240} = 4957,3 .$$

:

$$\sum F_X = 0; -F + R_{1X} - F_{r2} + R_{2X} = 0. \quad (9.5)$$

$$-2350,5 + 4957,3 - 3254,9 + 648,1 = 0.$$

,

(YOZ):

$$\sum M_{F_{1Y}} = 0; F_{r2} \frac{L}{2} + F_{x2} \frac{d_2}{2} - R_{2Y} L = 0. \quad (9.6)$$

$$R_{2Y} = \frac{F_{r2} \frac{L}{2} + F_{x2} \frac{d_2}{2}}{L}. \quad (9.7)$$

$$R_{2Y} = \frac{1184,7 \cdot \frac{240}{2} + 1622,8 \cdot \frac{320}{2}}{240} = 1674,2$$

$$\sum M_{F_{2Y}} = 0; -F_{r2} \frac{L}{2} + F_{x2} \frac{d_2}{2} + R_{1Y} L = 0. \quad (9.8)$$

$$R_{1Y} = \frac{F_{r2} \frac{L}{2} - F_{x2} \frac{d_2}{2}}{L}. \quad (9.9)$$

$$R_{1Y} = \frac{1184,7 \cdot \frac{240}{2} - 1622,8 \cdot \frac{320}{2}}{240} = -489,5$$

«-»

R_{1Y}

:

$$\sum F_X = 0; -R_{1X} - F_{r2} + R_{2X} = 0. \quad (9.10)$$

$$-489,5 - 1184,7 + 1674,2 = 0.$$

,

9.

$$R_1 = \sqrt{R_{1X}^2 + R_{1Y}^2} = \sqrt{4957,3^2 + 489,5^2} = 4981,4 \quad ;$$

$$R_2 = \sqrt{R_{2X}^2 + R_{2Y}^2} = \sqrt{648,1^2 + 1674,2^2} = 1795,3 \quad .$$

10.

(. 9.4).

)

(XOZ).

$$1-1: 0 \leq x_1 \leq f.$$

$$M_{1-1X} = -F x_1. \quad (9.11)$$

$$x_1 = 0$$

$$M_{1-1X} = -2350,5 \cdot 0 = 0 \quad . \quad .$$

$$x_1 = f = 0,1$$

$$M_{1-1X} = -2350,5 \cdot 0,1 = -235,05 \quad . \quad .$$

$$2-2: 0 \leq x_2 \leq \frac{L}{2}.$$

$$M_{2-2X} = -F (f + x_2) + R_{1X} x_2. \quad (9.12)$$

$$x_2 = 0$$

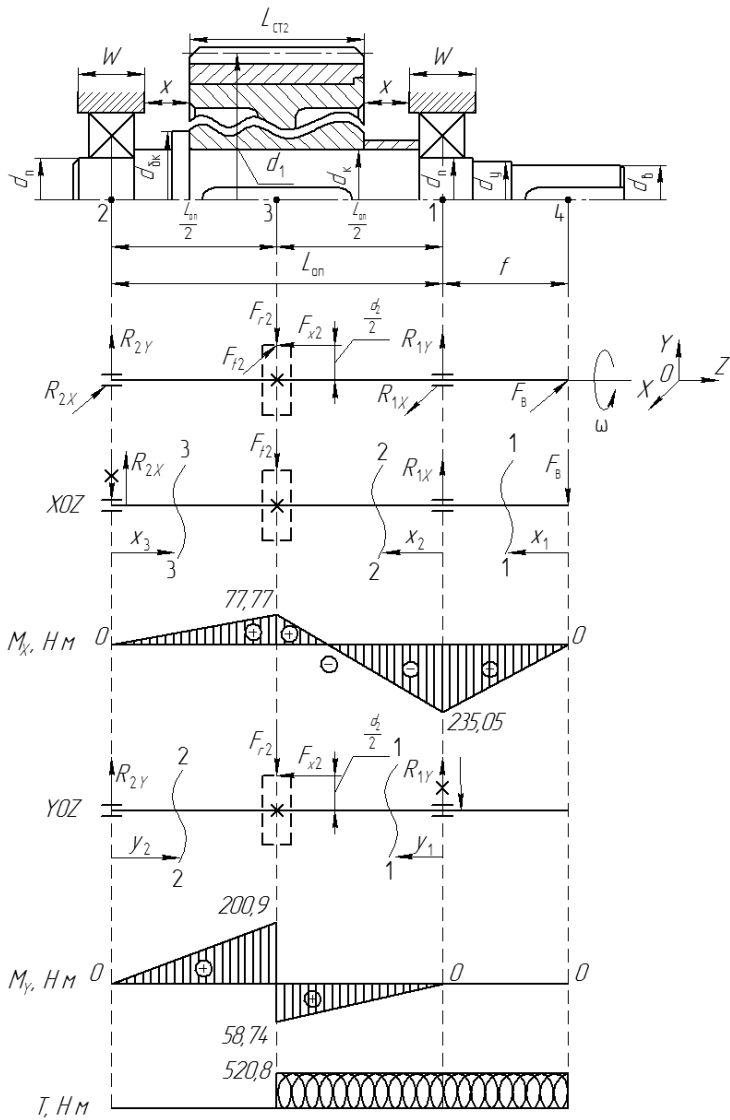
$$M_{2-2X} = -2350,5 \cdot (0,1 + 0) + 4957,3 \cdot 0 = -235,05 \quad . \quad .$$

$$x_2 = \frac{L}{2} = 0,175$$

$$M_{2-2X} = -2350,5 \cdot (0,1 + 0,175) + 4957,3 \cdot 0,175 = 77,77 \quad . \quad .$$

$$3-3: 0 \leq x_3 \leq \frac{L}{2}.$$

$$M_{3-3X} = R_{2X} x_3. \quad (9.13)$$



. 9.4.

$$x_3 = 0$$

$$M_{3-3X} = 648,1 \cdot 0 = 0 \quad \dots$$

$$x_3 = \frac{L}{2} = 0,12$$

$$M_{3-3X} = 648,1 \cdot 0,12 = 77,77 \quad \dots ;$$

) (YOZ).

$$1-1: 0 \leq y_1 \leq \frac{L}{2}.$$

$$M_{1-1Y} = -R_{1Y} y_1. \quad (9.14)$$

$$y_1 = 0$$

$$M_{1-1Y} = -489,5 \cdot 0 = 0 \quad \dots$$

$$y_1 = \frac{L}{2} = 0,12$$

$$M_{1-1Y} = -489,5 \cdot 0,12 = -58,74 \quad \dots$$

$$2-2: 0 \leq y_2 \leq \frac{L}{2}.$$

$$M_{2-2Y} = R_{2Y} y_2. \quad (9.15)$$

$$y_2 = 0$$

$$M_{2-2Y} = 1674,2 \cdot 0 = 0 \quad \dots$$

$$y_2 = \frac{L}{2} = 0,12$$

$$M_{2-2Y} = 1674,2 \cdot 0,12 = 200,9 \quad \dots$$

T

11.

:

$$M_{\Sigma 1} = \sqrt{M_{1X}^2 + M_{1Y}^2} = \sqrt{235,05^2 + 0^2} = 235,05 \quad ;$$

$$M_{\Sigma 3} = \sqrt{M_{3X}^2 + M_{3Y}^2} = \sqrt{77,77^2 + 200,9^2} = 215,43 \quad .$$

1,

12.

$$M = \sqrt{M_{\Sigma 1}^2 + T^2} = \sqrt{235,05^2 + 520,8^2} = 571,39 \quad .$$

13.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M}{0,1[\sigma_{-1}]}} \geq \sqrt[3]{\frac{571,39 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 55}} = 47,0 \quad .$$

$$d = 47,0$$

$$d = 55 \quad , \quad -$$

9.2. Проверочный расчет вала на усталостную прочность

$$S = \frac{S_1 S_2}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}} \geq [S].$$

$$[S] = 2,0 \quad (\quad . \quad . \quad 30).$$

$$S = \frac{1}{\frac{1}{k} + \Psi_m}$$

. 3.1

$$\sigma_{-1} = 360 \quad .$$

$$W = \frac{d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 55^3}{32} = 16325,55 \quad ^3.$$

$$= \frac{M_{\Sigma 1}}{W} = \frac{235,05 \cdot 10^3}{16325,55} = 14,40$$

$$\beta = 0,95 \quad (\text{... 31}).$$

$$(\quad), \quad . 5.5$$

$$k_{\sigma} / \varepsilon_{\sigma} = 3,72.$$

$$45$$

$$\Psi_{\sigma} = 0,2 \quad (\text{... 31}).$$

F_x ,

$$m = 0.$$

$$S = \frac{360}{\frac{14,40}{0,95} \cdot 3,72 + 0,2 \cdot 0} = 6,4.$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{\tau_a}{\beta} \frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} + \Psi_m}$$

$$. 3.1$$

$$\tau_{-1} = 200$$

$$W = \frac{d^3}{16} = \frac{3,14 \cdot 55^3}{16} = 32651,09 \quad ^3.$$

$$a = m = \frac{T}{2W} = \frac{520,8 \cdot 10^3}{2 \cdot 32651,09} = 7,98$$

. 5.5 -

$$k_\tau / \varepsilon_\tau = 2,59. \quad 45, -$$

$$, \Psi_\tau = 0,1 (\dots 34).$$

$$S_\tau = \frac{200}{\frac{7,98}{0,95} \cdot 2,59 + 0,1 \cdot 7,98} = 8,9.$$

$$S = \frac{6,4 \cdot 8,9}{\sqrt{6,4^2 + 8,9^2}} = 5,2 > [S] = 2,0.$$

$$, \quad S = 5,2$$

$$[S] = 2,0,$$

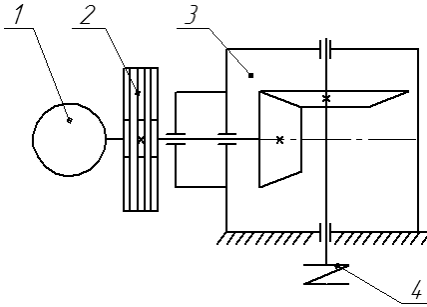
, () -

, (, .). -

10. ПРИМЕР РАСЧЕТА БЫСТРОХОДНОГО ВАЛА КОНИЧЕСКОГО ОДНОСТУПЕНЧАТОГО РЕДУКТОРА

Исходные данные:

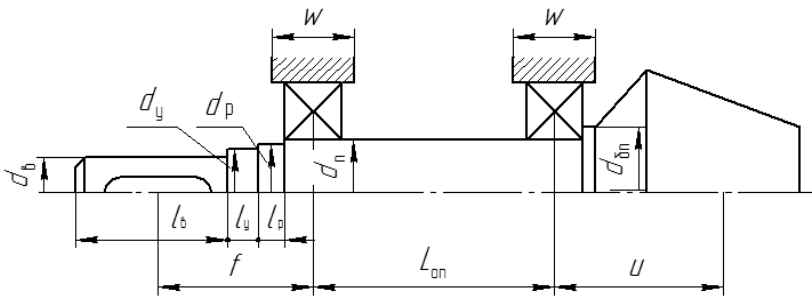
$T = 190,9$;
 $d_1 = 96,9$ 10.1.



10.1. : 1 - ; 2 - ; 3 - ; 4 -

10.1. Проектный расчет вала

1. . 3.1 . 45
 240 ,
 $\therefore = 780$, $= 540$, $_{-1} = 360$, $_{-1} = 200$.
 2. (. 10.2).



10.2.

3.

3.1.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T \cdot 10^3}{0,2[\]}} \geq \sqrt[3]{\frac{190,9 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30}} = 31,7$$

(. . 22)

: $d = 32$.

3.2.

$$d = d + (3 \dots 5) = 32 + 4 = 36$$

. 5.1.

$$d = 36$$

3.3.

$$d = d + (3 \dots 5) = 36 + 4 = 40$$

24705-2004 (. . 22).

$$d = 40$$

3.4.

$$d = d + (3 \dots 5) = 40 + 4 = 44$$

0,

5.

$$d = 45$$

3.5.

$$d = d + (3 \dots 5) = 45 + 5 = 50$$

4.

4.1.

$$l = (1,0 \dots 1,5)d = (1,0 \dots 1,5) \cdot 32 = 32 \dots 48$$

$$l = 45$$

4.2.

. 5.1

$$l = b = 10$$

36

4.3. :

$$l \approx 0,4d = 0,4 \cdot 45 = 18$$

$$l = 20$$

5. :

$$L \approx e.$$

. 5.2

$$e = 100 \quad (\text{ . . . 5.1, } \vartheta).$$

$$L = 100$$

. 5.2

$$f = 80 \quad (\text{ . . . 5.1, } \vartheta).$$

. 5.2

$$(\text{ . . . 5.1, } \vartheta).$$

6. (« »)

$$F_{r1} = 1405,8, \quad F_{x1} = 283,5, \quad F_{r1} = 3940,1, \\ , F = 1940,8$$

7.

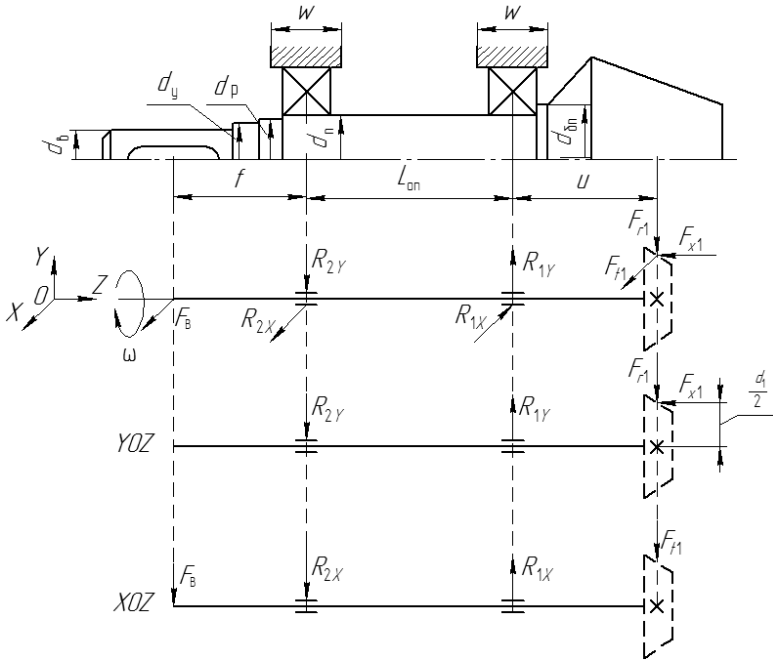
$$(YOZ), \quad (XOZ) \quad (\text{ . . . 10.3}).$$

8.

(YOZ):

$$\sum M_{F1Y} = 0; \quad -F_{r1}u + F_{x1} \frac{d_1}{2} + R_{2Y}L = 0. \quad (10.1)$$

$$R_{2Y} = \frac{F_{r1}u - F_{x1} \frac{d_1}{2}}{L}. \quad (10.2)$$



. 10.3.

$$R_{2Y} = \frac{1405,8 \cdot 80 - 283,5 \cdot \frac{96,9}{2}}{100} = 987,3 \quad .$$

$$\sum M_{F_{2Y}} = 0; -F_{r1}(u + L) + F_{x1} \frac{d_1}{2} + R_{1Y}L = 0. \quad (10.3)$$

$$R_{1Y} = \frac{F_{r1}(u + L) - F_{x1} \frac{d_1}{2}}{L}. \quad (10.4)$$

$$R_{1Y} = \frac{1405,8 \cdot (80 + 100) - 283,5 \cdot \frac{96,9}{2}}{100} = 2393,1 \quad .$$

:

$$\sum F_Y = 0; -F_{r1} + R_{1Y} - R_{2Y} = 0. \quad (10.5)$$

$$-1405,8 + 2393,1 - 987,3 = 0.$$

, , -

(XOZ):

$$\sum M_{F_{1X}} = 0; F_{t1}u - R_{2X}L - F(f + L) = 0. \quad (10.6)$$

$$R_{2X} = \frac{F_{t1}u - F(f + L)}{L}. \quad (10.7)$$

$$R_{2X} = \frac{3940,1 \cdot 80 - 1940,8 \cdot (80 + 100)}{100} = -341,4 .$$

«←»

R_{2X}

$$\sum M_{F_{2X}} = 0; F_{t1}(u + L) - R_{1X}L - Ff = 0. \quad (10.8)$$

$$R_{1X} = \frac{F_{t1}(u + L) - Ff}{L}. \quad (10.9)$$

$$R_{1X} = \frac{3940,1 \cdot (80 + 100) - 1940,8 \cdot 80}{100} = 5539,5 .$$

:

$$\sum F_X = 0; -F_{r1} + R_{1X} + R_{2X} - F = 0. \quad (10.10)$$

$$-3940,1 + 5539,5 + 341,4 - 1940,8 = 0.$$

, ,

9.

:

$$R_1 = \sqrt{R_{1Y}^2 + R_{1X}^2} = \sqrt{2393,1^2 + 5539,5^2} = 6034,3 ;$$

$$R_2 = \sqrt{R_{2Y}^2 + R_{2X}^2} = \sqrt{987,3^2 + 341,4^2} = 1044,7 .$$

10.

(. 10.4).

:
)

(YOZ).

1-1: $0 \leq y_1 \leq u$.

$$M_{1-1Y} = F_{x1} \frac{d_1}{2} - F_{r1} y_1. \quad (10.11)$$

$y_1 = 0$

$$M_{1-1Y} = 283,5 \cdot \frac{0,0969}{2} - 1405,8 \cdot 0 = 13,7 \quad . . .$$

$y_1 = u = 0,08$

$$M_{1-1Y} = 283,5 \cdot \frac{0,0969}{2} - 1405,8 \cdot 0,08 = -98,7 \quad . . .$$

2-2: $0 \leq y_2 \leq L$.

$$M_{2-2Y} = -R_{2Y} y_2. \quad (10.12)$$

$y_2 = 0$

$$M_{2-2Y} = -987,3 \cdot 0 = 0 \quad . . .$$

$y_2 = L = 0,1$

$$M_{2-2Y} = -987,3 \cdot 0,1 = -98,7 \quad . . . ;$$

)

(XOZ).

1-1: $0 \leq x_1 \leq u$.

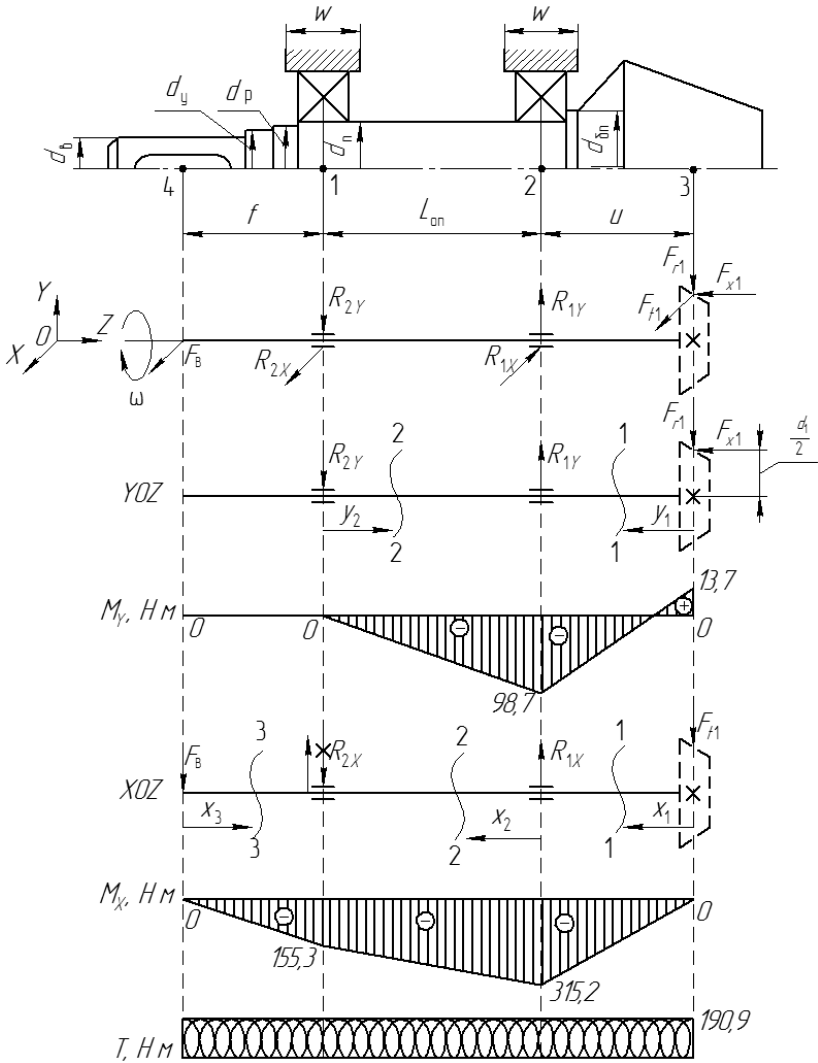
$$M_{1-1X} = -F_{t1} x_1. \quad (10.13)$$

$x_1 = 0$

$$M_{1-1X} = -3940,1 \cdot 0 = 0 \quad . . .$$

$x_1 = u = 0,08$

$$M_{1-1X} = -3940,1 \cdot 0,08 = -315,2 \quad . . .$$



. 10.4.

$$2-2: 0 \leq x_2 \leq L .$$

$$M_{2-2X} = -F_{11}(u + x_2) + R_{1X}x_2. \quad (10.14)$$

$$x_2 = 0$$

$$M_{2-2X} = -3940,1 \cdot (0,08 + 0) + 5539,5 \cdot 0 = -315,2 \quad . .$$

$$x_2 = L = 0,1$$

$$M_{2-2X} = -3940,1 \cdot (0,08 + 0,1) + 5539,5 \cdot 0,1 = -155,3 \quad . .$$

$$3-3: 0 \leq x_3 \leq f.$$

$$M_{3-3X} = -F x_3. \quad (10.15)$$

$$x_3 = 0$$

$$M_{3-3X} = 1940,8 \cdot 0 = 0 \quad . .$$

$$x_3 = f = 0,08$$

$$M_{3-3X} = -1940,8 \cdot 0,08 = -155,3 \quad . .$$

T

11.

:

$$M_{\Sigma 1} = \sqrt{M_{1Y}^2 + M_{1X}^2} = \sqrt{0^2 + 155,3^2} = 155,3 \quad . . ;$$

$$M_{\Sigma 2} = \sqrt{M_{2Y}^2 + M_{2X}^2} = \sqrt{98,7^2 + 315,2^2} = 330,3 \quad . . ;$$

$$M_{\Sigma 3} = \sqrt{M_{3Y}^2 + M_{3X}^2} = \sqrt{13,7^2 + 0^2} = 13,7 \quad . .$$

2,

12. :

$$M = \sqrt{M_{\Sigma 2}^2 + T^2} = \sqrt{330,3^2 + 190,9^2} = 381,5 \text{ . .}$$

13. :

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,1[\sigma_{-1}]}}$$

, $[\sigma_{-1}] = 50$.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,1[\sigma_{-1}]}} \geq \sqrt[3]{\frac{381,5 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 50}} = 42,4 \text{ .}$$

$d = 42,4$ $d = 45$, -

10.2. Проверочный расчет вала на усталостную прочность

:

$$S = \frac{S \ S}{\sqrt{S^2 + S^2}} \geq [S].$$

$[S] = 2,0$ (. . 30).

$$S = \frac{-1}{-\frac{a}{k} + \Psi_m}$$

. 3.1

$\sigma_{-1} = 360$.

:

$$W = \frac{d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 45^3}{32} = 8941,6 \quad 3.$$

:

$$= \frac{M_{\Sigma 2}}{W} = \frac{330300}{8941,6} = 36,9 \quad .$$

$$, \beta = 0,95 \quad (\dots 31).$$

.5.5

$$k_{\sigma} / \varepsilon_{\sigma} = 3,45.$$

$$\Psi_{\sigma} = 0,2 \quad (\dots 31).$$

F_x ,

$$m = 0.$$

$$S = \frac{360}{\frac{36,9}{0,95} \cdot 3,45 + 0,2 \cdot 0} = 2,7.$$

:

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{\tau_a}{\beta} \frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} + \Psi_m}$$

$$. 3.1$$

$$\tau_{-1} = 200 \quad .$$

:

$$W = \frac{d^3}{16} = \frac{3,14 \cdot 45^3}{16} = 17883,3 \quad 3.$$

:

$$a = m = \frac{T}{2W_k} = \frac{190,9 \cdot 10^3}{2 \cdot 17883,3} = 5,3$$

. 5.5

$$k_\tau / \varepsilon_\tau = 2,42.$$

45

$$, \Psi_\tau = 0,1 (\dots 34).$$

$$S_\tau = \frac{200}{\frac{5,3}{0,95} \cdot 2,42 + 0,1 \cdot 5,3} = 14,3.$$

$$S = \frac{2,7 \cdot 14,3}{\sqrt{2,7^2 + 14,3^2}} = 2,7 > [S] = 2.$$

$$[S] = 2,$$

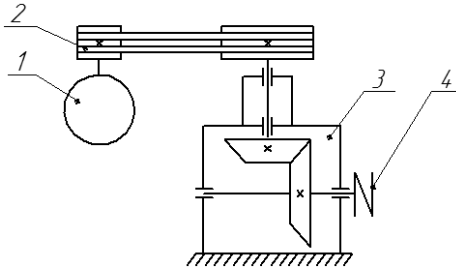
$$S = 2,7$$

11. ПРИМЕР РАСЧЕТА ТИХОХОДНОГО ВАЛА КОНИЧЕСКОГО ОДНОСТУПЕНЧАТОГО РЕДУКТОРА

Исходные данные:

$$T = 710 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

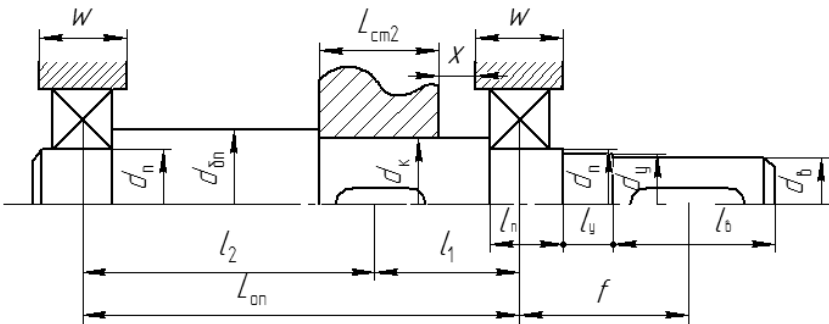
$$d_2 = 360 \text{ мм} \quad \dots \quad . 11.1.$$



. 11.1. : 1 – ; 2 – ;
3 – ; 4 –

11.1. Проектный расчет вала

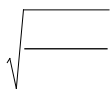
1. . 3.1 45
240 , 120
: = 780 , = 540 , $d_{-1} = 360$, $d_{-1} = 200$.
2. (. 11.2).



. 11.2.

3.

3.1.



$$L \approx 2(L_2 + 2x + \frac{w}{2}).$$

$$L_2 = (1,2 \dots 1,5)d = (1,2 \dots 1,5) \cdot 60 = 72 \dots 90$$

$$L_2 = 85$$

:

$$x = 10 \quad (\dots 25);$$

$$w = 60 \quad (\dots 5.2).$$

$$L = 2 \cdot (85 + 2 \cdot 10 + 60 / 2) = 270$$

$$l_1 \quad l_2 (\dots 11.2)$$

$$l_1 = \frac{L_2}{2} + x + \frac{w}{2} = \frac{85}{2} + 10 + \frac{60}{2} = 82,5$$

$$l_2 = L - l_1 = 270 - 82,5 = 187,5$$

. 5.2

(\dots 11.2).

6.

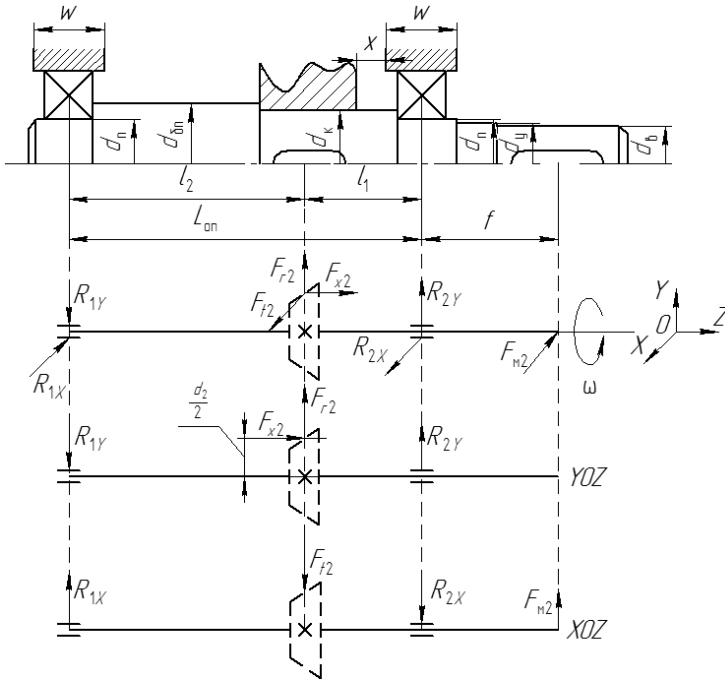
$$F_{r2} = 588,4 \quad , \quad F_{x2} = 1393 \quad , \quad F_{r2} = 4154,4 \quad ,$$

$$16162-85$$

$$F_2 = 125\sqrt{T} = 125\sqrt{710} = 3330,7$$

7.

(YOZ) (XOZ) (. 11.3).



. 11.3.

8.

(YOZ):

$$\sum M_{F_{1Y}} = 0; F_{r2}l_2 - F_{x2} \frac{d_2}{2} + R_{2Y}L = 0. \quad (11.1)$$

$$R_{2Y} = \frac{-F_{r2}l_2 + F_{x2} \frac{d_2}{2}}{L}. \quad (11.2)$$

$$R_{2Y} = \frac{-588,4 \cdot 187,5 + 1393 \cdot \frac{360}{2}}{270} = 520,1 \quad .$$

$$\sum M_{F_{2Y}} = 0; -F_{r2}l_1 - F_{x2} \frac{d_2}{2} + R_{1Y}L = 0. \quad (11.3)$$

$$R_{1Y} = \frac{F_{r2}l_1 + F_{x2} \frac{d_2}{2}}{L}. \quad (11.4)$$

$$R_{1Y} = \frac{588,4 \cdot 82,5 + 1393 \cdot \frac{360}{2}}{270} = 1108,5 \quad .$$

:

$$\sum F_Y = 0; F_{r2} - R_{1Y} + R_{2Y} = 0. \quad (11.5)$$

$$588,4 - 1108,5 + 520,1 = 0.$$

’, , -

(XOZ):

$$\sum M_{F_{1X}} = 0; -F_{i2}l_2 - R_{2X}L + F_2(f + L) = 0. \quad (11.6)$$

$$R_{2X} = \frac{-F_{i2}l_2 + F_2(f + L)}{L}. \quad (11.7)$$

$$R_{2X} = \frac{-4154,4 \cdot 187,5 + 3330,7 \cdot (100 + 270)}{270} = 1679,3 \quad .$$

$$\sum M_{F_{2X}} = 0; F_{i2}l_1 - R_{1X}L + F_2f = 0. \quad (11.8)$$

$$R_{1X} = \frac{F_{i2}l_1 - F_2f}{L}. \quad (11.9)$$

$$R_{1X} = \frac{4154,4 \cdot 82,5 + 3330,7 \cdot 100}{270} = 2503 \quad .$$

:

$$\sum F_X = 0; -F_{l_2} + R_{1X} - R_{2X} + F_2 = 0. \quad (11.10)$$

$$-4154,4 + 2503 - 1679,3 + 3330,7 = 0.$$

9.

:

$$R_1 = \sqrt{R_{1Y}^2 + R_{1X}^2} = \sqrt{1108,5^2 + 2503^2} = 2737,5 \quad ;$$

$$R_2 = \sqrt{R_{2Y}^2 + R_{2X}^2} = \sqrt{520,1^2 + 1679,3^2} = 1758 \quad .$$

10.

$$(\quad . 11.4).$$

:

)

(YOZ).

$$1-1: 0 \leq y_1 \leq l_2.$$

$$M_{1-1Y} = -R_{1Y} \cdot y_1. \quad (11.11)$$

$$y_1 = 0$$

$$M_{1-1Y} = -1108,5 \cdot 0 = 0 \quad . \quad .$$

$$y_1 = l_2 = 0,1875$$

$$M_{1-1Y} = -1108,5 \cdot 0,1875 = -207,8 \quad . \quad .$$

$$2-2: 0 \leq y_2 \leq l_1.$$

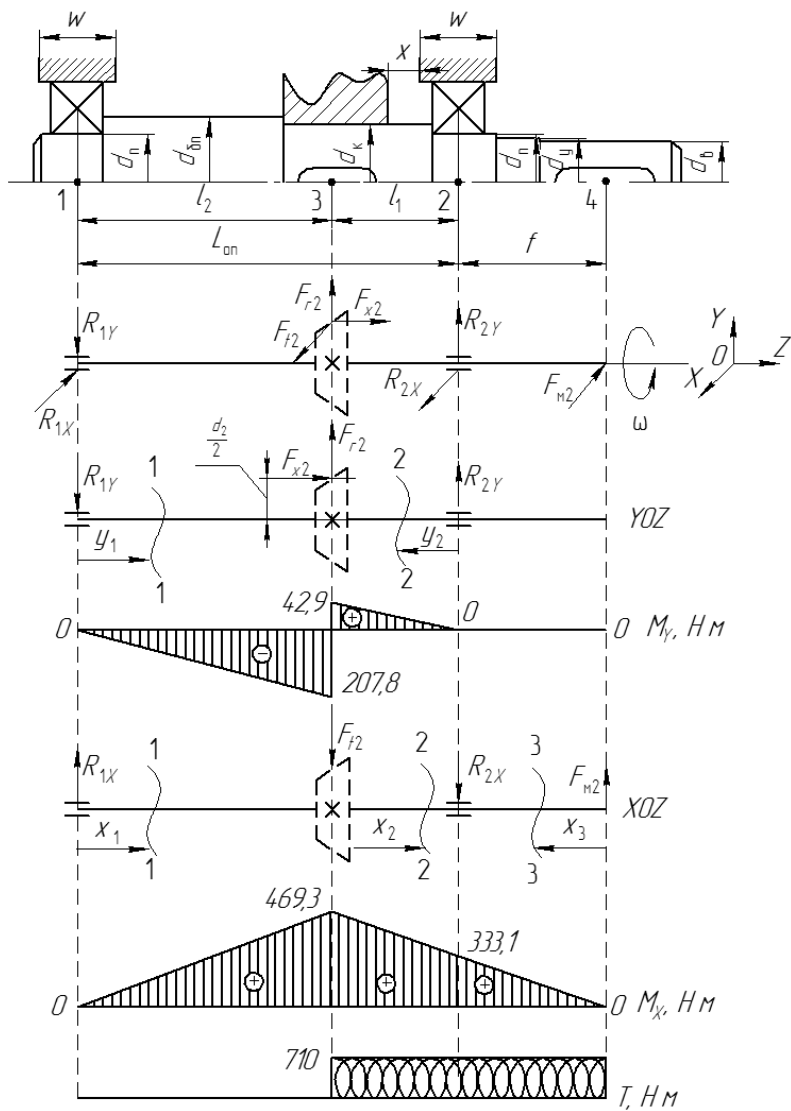
$$M_{2-2Y} = R_{2Y} \cdot y_2. \quad (11.12)$$

$$y_2 = 0$$

$$M_{2-2Y} = 520,1 \cdot 0 = 0 \quad . \quad .$$

$$y_2 = l_1 = 0,0825$$

$$M_{2-2Y} = 520,1 \cdot 0,0825 = 42,9 \quad . \quad ;$$



. 11.4.

) (XOZ).
 1-1: $0 \leq x_1 \leq l_2$.

$$M_{1-1X} = R_{1X} x_1. \quad (11.13)$$

$x_1 = 0$

$$M_{1-1X} = 2503 \cdot 0 = 0 \quad . \quad .$$

$x_1 = l_2 = 0,1875$

$$M_{1-1X} = 2503 \cdot 0,1875 = 469,3 \quad . \quad .$$

2-2: $0 \leq x_2 \leq l_1$.

$$M_{2-2X} = R_{1X} (l_2 + x_2) - F_{t2} x_2. \quad (11.14)$$

$x_2 = 0$

$$M_{2-2X} = 2503 \cdot (0,1875 + 0) - 4154,4 \cdot 0 = 469,3 \quad . \quad .$$

$x_2 = l_1 = 0,0825$

$$M_{2-2X} = 2503 \cdot (0,1875 + 0,0825) - 4154,4 \cdot 0,0825 = 333,1 \quad . \quad .$$

3-3: $0 \leq x_3 \leq f$.

$$M_{3-3X} = F x_3. \quad (11.15)$$

$x_3 = 0$

$$M_{3-3X} = 3330,7 \cdot 0 = 0 \quad . \quad .$$

$x_3 = f = 0,1$

$$M_{3-3X} = 3330,7 \cdot 0,1 = 333,1 \quad . \quad .$$

11.

:

$$M_{\Sigma 2} = \sqrt{M_{2Y}^2 + M_{2X}^2} = \sqrt{207,8^2 + 469,3^2} = 513,2 \quad . \quad ;$$

$$M_{\Sigma 3} = \sqrt{M_{3Y}^2 + M_{3X}^2} = \sqrt{0^2 + 333,1^2} = 333,1 \quad \cdot \cdot$$

2,

12.

$$M = \sqrt{M_{22}^2 + T^2} = \sqrt{513,2^2 + 710^2} = 876,1 \quad \cdot \cdot$$

13.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,1[\sigma_{-1}]}}$$

$$[\sigma_{-1}] = 60$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,1[\sigma_{-1}]}} \geq \sqrt[3]{\frac{876,1 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 60}} = 52,7$$

10 %:

$$d = 52,7 \cdot 1,1 = 57,9$$

$$d = 57,9 \quad d = 60$$

11.2. Проверочный расчет вала на усталостную прочность

$$S = \frac{S_1 S_2}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}} \geq [S].$$

$$[S] = 2,0 \quad (\dots 30).$$

$$S = \frac{-1}{-\frac{a}{k} + \Psi_m}$$

. 3.1
 $\sigma_{-1} = 360$

$$W = \frac{d^3}{32} - \frac{bt_1(d-t_1)^2}{2d}$$

. 5.6 $t_1 = 7$ $b = 18$

$$W = \frac{3,14 \cdot 60^3}{32} - \frac{18 \cdot 7 \cdot (60-7)^2}{2 \cdot 60} = 18245,6 \text{ } ^3$$

$$= \frac{M_{\Sigma 2}}{W} = \frac{513,2 \cdot 10^3}{18245,6} = 28,1$$

, $\beta = 0,95$ (. . 31).
 . 5.3

$$k_{\sigma} = 1,79.$$

. 5.4
 $\varepsilon_{\sigma} = 0,78.$

45

, $\Psi_{\sigma} = 0,2.$

$$m = \frac{4F_{\Sigma 2}}{d^2} = \frac{4 \cdot 1393}{3,14 \cdot 60^2} = 0,5$$

$$S = \frac{360}{\frac{28,1}{0,95} \cdot \frac{1,79}{0,78} + 0,2 \cdot 0,5} = 5,3.$$

:

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{\tau_a}{\beta} \frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} + \Psi_m}$$

. 3.1
 $\tau_{-1} = 200$

$$W = \frac{d^3}{16} - \frac{bt(d-t_1)^2}{2d} = \frac{3,14 \cdot 60^3}{16} - \frac{18 \cdot 7 \cdot (60-7)^2}{2 \cdot 60} = 39440,6$$

:

$$a_m = \frac{T}{2W} = \frac{710 \cdot 10^3}{2 \cdot 39440,6} = 9,0$$

. 5.3

$$k_{\tau} = 1,69.$$

. 5.4

$$\varepsilon_{\tau} = 0,68.$$

45

$$, \Psi_{\tau} = 0,1.$$

$$S_{\tau} = \frac{200}{\frac{9,0}{0,95} \cdot \frac{1,69}{0,68} + 0,1 \cdot 9,0} = 8,14.$$

,

$$S = \frac{5,3 \cdot 8,14}{\sqrt{5,3^2 + 8,14^2}} = 4,44 > [S] = 2,0.$$

,

12. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРОМЕЖУТОЧНОГО ВАЛА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ДВУХСТУПЕНЧАТОГО РЕДУКТОРА

Исходные данные:

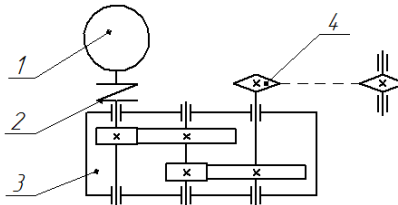
$$T = 142,3 \text{ ,}$$

$$d_2 = 236 \text{ ,}$$

$$d_1 = 132,5 \text{ ,}$$

$$b_1 = 55 \text{ .}$$

. 12.1.



3 – . 12.1.

: 1 –

; 2 – ;
4 –

12.1. Проектный расчет вала

1.

. 3.1

45

240 ,

120

: = 780 ,

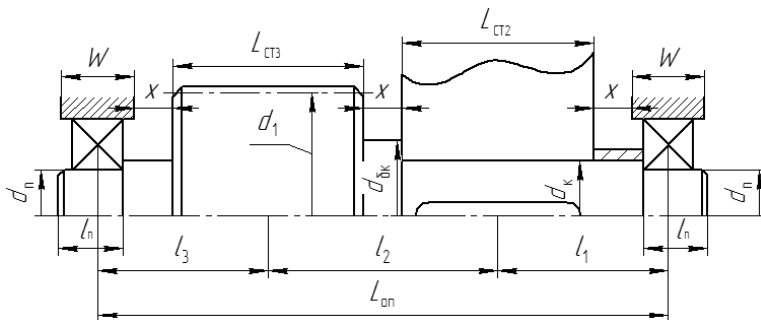
= 540 ,

$\sigma_{-1} = 360$,

$\sigma_{-1} = 200$.

2.

(. 12.2).



. 12.2.

3.

3.1.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T \cdot 10^3}{0,2}} = \sqrt[3]{\frac{142,3 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15}} = 36,2$$

$R_a 40$ (6636-69) (. . 22)

$d = 38$

3.2.

$$d = d - (3 \dots 5) = 38 - 3 = 35$$

3.3.

$$d = d + (3 \dots 5) = 38 + 4 = 42$$

3.4.

$$d = d = 38$$

$$(132,5 > 2 \cdot 38 = 76),$$

4.

4.1.

$$l = (1,0 \dots 1,2)d = (1,0 \dots 1,2) \cdot 35 = 35 \dots 42$$

$$l = 40$$

5.

$$L = L_2 + L_3 + 3x + w.$$

$$x = 10 \quad (. . 25);$$

$$w = 60 \quad (. . 5.2).$$

$$L_2 = (1,0 \dots 1,5)d = (1,0 \dots 1,5) \cdot 38 = 38 \dots 57$$

$$L_2 = 45$$

$$L_{c_2} = 1,2 \cdot 37,5 = 45 \quad .$$

:

$$L_3 = b_1 = 55 \quad .$$

$$L = 45 + 55 + 3 \cdot 10 + 60 = 190 \quad .$$

-

,

:

$$l_1 = L_{c_2} / 2 + x + w / 2 = 45 / 2 + 10 + 60 / 2 = 62,5 \quad .$$

-

,

:

$$l_3 = L_{c_3} / 2 + x + w / 2 = 55 / 2 + 10 + 60 / 2 = 67,5 \quad .$$

,

-

,

,

:

$$l_2 = L - l_1 - l_3 = 190 - 62,5 - 67,5 = 60 \quad .$$

6.

(« ») ,

-

:

$$(F_{r2} = 1205,9 \quad ,$$

$$F_{r2} = 438,9 \quad);$$

$$(F_{r1} = 2147,9 \quad ,$$

$$F_{r1} = 781,8 \quad).$$

7.

-

,

-

- (YOZ) , (XOZ) (. 12.3).

. 12.3.

8.

(XOZ):

$$\Sigma M_{F_{1X}} = 0; F_{r1}l_3 - F_{r2}(l_2 + l_3) + R_{2X}L = 0. \quad (12.1)$$

$$R_{2X} = \frac{F_{r2}(l_2 + l_3) - F_{r1}l_3}{L}. \quad (12.2)$$

$$R_{2X} = \frac{438,9 \cdot (67,5 + 60) - 781,8 \cdot 67,5}{190} = 16,8$$

$$M_{F_{2X}} = 0; F_{r2}l_1 - F_{r1}(l_1 + l_2) - R_{1X}L = 0.$$

$$R_{1X} = \frac{F_{r2}l_1 - F_{r1}(l_1 + l_2)}{L}. \quad (12.4)$$

$$R_{1X} = \frac{438,9 \cdot 62,5 - 781,8 \cdot (60 + 62,5)}{190} = -359,7 \quad .$$

«-»

R_{1X}
:

$$\sum F_X = 0; -R_{1X} + F_{r1} - F_{r2} + R_{2X} = 0. \quad (12.5)$$

$$-359,7 + 781,8 - 438,9 + 16,8 = 0.$$

(YOZ):

$$\sum M_{F_{1Y}} = 0; -F_{t1}l_3 - F_{t2}(l_2 + l_3) + R_{2Y}L = 0. \quad (12.6)$$

$$R_{2Y} = \frac{F_{t1}l_3 + F_{t2}(l_2 + l_3)}{L}. \quad (12.7)$$

$$R_{2Y} = \frac{2147,9 \cdot 67,5 + 1205,9 \cdot (67,5 + 60)}{190} = 1572,3 \quad .$$

$$\sum M_{F_{2Y}} = 0; F_{t2}l_1 + F_{t1}(l_1 + l_2) - R_{1Y}L = 0. \quad (12.8)$$

$$R_{1Y} = \frac{F_{t2}l_1 + F_{t1}(l_1 + l_2)}{L}. \quad (12.9)$$

$$R_{1Y} = \frac{1205,9 \cdot 62,5 + 2147,9 \cdot (60 + 62,5)}{190} = 1781,5 \quad .$$

:

$$\sum F_Y = 0; R_{1Y} - F_{t1} - F_{t2} + R_{2Y} = 0. \quad (12.10)$$

$$1781,51 - 2147,9 - 1205,9 + 1572,29 = 0.$$

9.

$$R_1 = \sqrt{R_{1X}^2 + R_{1Y}^2} = \sqrt{359,7^2 + 1781,5^2} = 1817,5 \quad ;$$

$$R_2 = \sqrt{R_{2X}^2 + R_{2Y}^2} = \sqrt{16,8^2 + 1572,3^2} = 1572,4 \quad .$$

10.

(. 12.4).

)

(XOZ).

$$1-1: 0 \leq x_1 \leq l_3.$$

$$M_{1-1X} = -R_{1X} x_1. \quad (12.11)$$

$$x_1 = 0$$

$$M_{1-1X} = -359,7 \cdot 0 = 0 \quad . \quad .$$

$$x_1 = l_3 = 0,0675$$

$$M_{1-1X} = -359,7 \cdot 0,0675 = -24,28 \quad . \quad .$$

$$2-2: 0 \leq x_2 \leq l_2.$$

$$M_{2-2X} = -R_{1X}(l_1 + x_2) + F_{r1} x_2. \quad (12.12)$$

$$x_2 = 0$$

$$M_{2-2X} = -359,7 \cdot (0,0675 + 0) + 781,8 \cdot 0 = -24,28 \quad . \quad .$$

$$x_2 = l_2 = 0,06$$

$$M_{2-2X} = -359,7 \cdot (0,0675 + 0,06) + 781,8 \cdot 0,06 = 1,05 \quad . \quad .$$

$$3-3: 0 \leq x_3 \leq l_1.$$

$$M_{3-3X} = R_{2X} x_3. \quad (12.13)$$

$$x_3 = 0$$

$$M_{3-3X} = 16,8 \cdot 0 = 0 \quad . \quad .$$

$$x_3 = l_1 = 0,0625$$

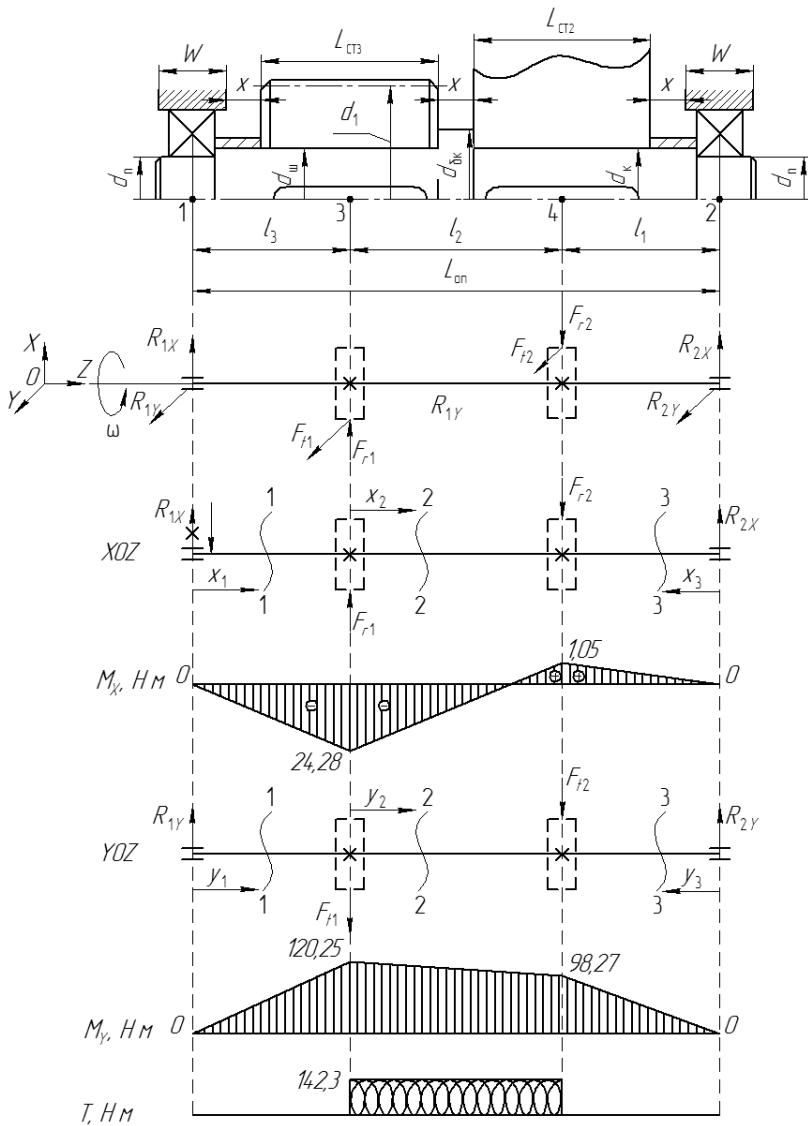
$$M_{3-3X} = 16,8 \cdot 0,0625 = 1,05 \quad . \quad ;$$

)

(YOZ).

$$1-1: 0 \leq y_1 \leq l_3.$$

$$M_{1-1Y} = R_{1Y} y_1. \quad (12.14)$$



. 12.4.

$$y_1 = 0$$

$$M_{1-1Y} = 781,5 \cdot 0 = 0 \quad \dots$$

$$y_1 = l_3 = 0,0675$$

$$M_{1-1Y} = 781,5 \cdot 0,0675 = 120,25 \quad \dots$$

$$2-2: 0 \leq y_2 \leq l_2.$$

$$M_{2-2Y} = R_{1Y}(l_3 + y_2) - F_{11}y_2. \quad (12.15)$$

$$y_2 = 0$$

$$M_{2-2Y} = 1781,51 \cdot (0,0675 + 0) - 2147,9 \cdot 0 = 120,25 \quad \dots$$

$$y_2 = l_2 = 0,06$$

$$M_{2-2Y} = 1781,51 \cdot (0,0675 + 0,06) - 2147,9 \cdot 0,06 = 98,27 \quad \dots$$

$$3-3: 0 \leq y_3 \leq l_1$$

$$M_{3-3Y} = R_{2Y}y_3. \quad (12.16)$$

$$y_3 = 0$$

$$M_{3-3Y} = 1572,3 \cdot 0 = 0 \quad \dots$$

$$y_3 = l_1 = 0,0625$$

$$M_{3-3Y} = 1572,3 \cdot 0,0625 = 98,27 \quad \dots$$

T

, -
, -
, -

11.

:

$$M_{\Sigma 3} = \sqrt{M_{3X}^2 + M_{3Y}^2} = \sqrt{24,28^2 + 120,25^2} = 122,68 \quad \dots ;$$

$$M_{\Sigma 4} = \sqrt{M_{4X}^2 + M_{4Y}^2} = \sqrt{1,05^2 + 98,27^2} = 98,28 \quad \dots$$

3,

-

12.

:

$$M = \sqrt{M_{\Sigma 3}^2 + T^2} = \sqrt{122,68^2 + 142,3^2} = 187,88 \text{ . .}$$

13. :

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,1[\sigma_{-1}]}} \geq \sqrt[3]{\frac{187,88 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 55}} = 32,5 \text{ .}$$

, 10%:

$$d = 32,5 \cdot 1,1 = 35,8 \text{ .}$$

$$d = 35,8 \quad d = 38 \text{ ,}$$

12.2. Проверочный расчет вала на усталостную прочность

:

$$S = \frac{S_1 S_2}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}} \geq [S].$$

$$[S] = 2,0 \text{ (. . 30).}$$

-

-

$$S = \frac{-1}{-\frac{a}{k} + \Psi_m}$$

. 3.1

$$\sigma_{-1} = 360 \text{ .}$$

-

:

$$W = \frac{d^3}{32} - \frac{bt_1(d - t_1)^2}{2d}$$

. 5.6

$$b = 10$$

d

$$t_1 = 5 \text{ .}$$

$$W = \frac{3,14 \cdot 38^3}{32} - \frac{10 \cdot 5 \cdot (38-5)^2}{2 \cdot 38} = 4667,87 \quad 3.$$

:

$$= \frac{M_{\Sigma 3}}{W} = \frac{187,88 \cdot 10^3}{4667,87} = 40,25 \quad .$$

, $\beta = 0,95$ (. . 31).

. 5.3

$$k_{\sigma} = 1,79.$$

. 5.4

$$\frac{\varepsilon_{\sigma}}{45} = 0,86.$$

, $\Psi_{\sigma} = 0,2.$

$F_x,$

$$m = 0.$$

$$S = \frac{360}{\frac{40,25}{0,95} \cdot \frac{1,79}{0,86} + 0,2 \cdot 0} = 4,1.$$

:

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{\tau_a}{\beta} \frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} + \Psi} \quad m$$

. 3.1

$$\tau_{-1} = 200 \quad .$$

:

$$W = \frac{d^3}{16} - \frac{bt(d-t_1)^2}{2d} = \frac{3,14 \cdot 38^3}{16} - \frac{10 \cdot 5 \cdot (38-5)^2}{2 \cdot 38} = 10052,18 \quad 3.$$

$$a_m = \frac{T}{2W_k} = \frac{142,3 \cdot 10^3}{2 \cdot 10052,18} = 7,08$$

. 5.3

$$k_\tau = 1,68.$$

. 5.4

$$\varepsilon_\tau = \frac{0,74}{45}$$

$$\Psi_\tau = 0,1 \quad (\dots 34).$$

$$S_\tau = \frac{200}{\frac{7,08}{0,95} \cdot \frac{1,68}{0,74} + 0,1 \cdot 7,08} = 11,3.$$

$$S = \frac{4,1 \cdot 11,3}{\sqrt{4,1^2 + 11,3^2}} = 3,9 > [S] = 2,0.$$

$$S = 3,9$$

$$[S] = 2,0,$$

13. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА ОСЕЙ

()

1,5...1,6

()

()

13.1. Проектный расчет осей

1. (. .3.1). 5, 6, 40, 45
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

5.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,1[\]}}, \quad (13.1)$$

$M -$
 $[\] -$
 5.1.

$$[\] = [\]_0, \quad (13.2)$$

$- [\]_0$
 5.2.

$$[\] = [\]_{-1} = (0,5 \dots 0,6) [\]_0. \quad (13.3)$$

6636-69 (. . 22).

10 %

6636-69 (. . 22).

13.2. Проверочный расчет осей на статическую прочность

$$T = 0.$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^3}{W} \leq [\], \quad (13.4)$$

$W -$

(5.35).

: [2, 3, 5, 8].

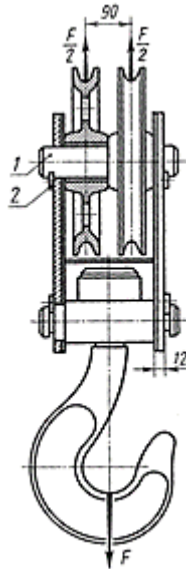
14. ПРИМЕР РАСЧЕТА НЕПОДВИЖНОЙ ОСИ КРЮКОВОЙ ПОДВЕСКИ

Исходные данные:

$F = 16000$,

$L = 190$.

. 14.1.



. 14.1.

1 – ; 2 – :

14.1. Проектный расчет оси

1.

. 3.1

5

240 ,

120

: = 780

, = 540

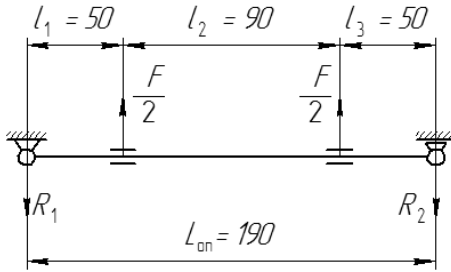
, $\sigma_1 = 360$

, $\sigma_1 = 200$

[σ_0] = 130 .

2.

(. 14.2).



. 14.2.

3. :

$$\sum M_{R_1} = 0; \frac{F}{2}l_1 + \frac{F}{2}(l_1 + l_2) - R_2L = 0. \quad (14.1)$$

$$R_2 = \frac{\frac{F}{2}l_1 + \frac{F}{2}(l_1 + l_2)}{L}. \quad (14.2)$$

$$R_2 = \frac{\frac{16000}{2} \cdot 50 + \frac{16000}{2} \cdot (50 + 90)}{190} = 8000 \quad .$$

$$\sum M_{R_2} = 0; -\frac{F}{2}l_3 - \frac{F}{2}(l_2 + l_3) + R_1L = 0. \quad (14.3)$$

$$R_1 = \frac{\frac{F}{2}l_3 + \frac{F}{2}(l_2 + l_3)}{L}. \quad (14.4)$$

$$R_1 = \frac{\frac{16000}{2} \cdot 50 + \frac{16000}{2} \cdot (50 + 90)}{190} = 8000 \quad .$$

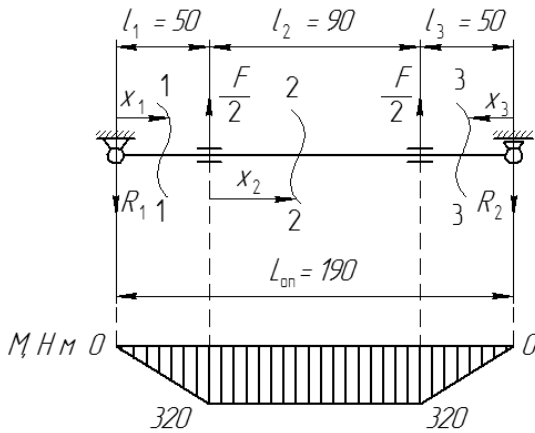
:

$$\sum F = 0; -R_1 + \frac{F}{2} + \frac{F}{2} - R_2 = 0. \quad (14.5)$$

$$-8000 + \frac{16000}{2} + \frac{16000}{2} - 8000 = 0.$$

4.

(. 14.3).



. 14.3.

$$1-1: 0 \leq x_1 \leq l_1.$$

$$M_{1-1} = -R_1 x_1. \quad (14.6)$$

$$x_1 = 0$$

$$M_{1-1} = -8000 \cdot 0 = 0 \quad . . .$$

$$x_1 = l_1 = 0,04$$

$$M_{1-1x} = -8000 \cdot 0,04 = -320 \quad . . .$$

$$2-2: 0 \leq x_2 \leq l_2.$$

$$M_{2-2} = -R_1(l_1 + x_2) + \frac{F}{2}x_2. \quad (14.7)$$

$$x_2 = 0$$

$$M_{2-2} = -8000 \cdot (0,04 + 0) + \frac{16000}{2} \cdot 0 = -320 \quad \dots$$

$$x_2 = l_2 = 0,09$$

$$M_{2-2X} = -8000 \cdot (0,04 + 0,09) + \frac{16000}{2} \cdot 0,09 = -320 \quad \dots$$

$$3-3: 0 \leq x_3 \leq l_3.$$

$$M_{3-3} = -R_2x_3. \quad (14.8)$$

$$x_3 = 0$$

$$M_{3-3} = -8000 \cdot 0 = 0 \quad \dots$$

$$x_3 = l_3 = 0,04$$

$$M_{3-3} = -8000 \cdot 0,04 = -320 \quad \dots$$

$$M = 320 \quad \dots$$

5. :

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M \cdot 10^3}{0,1[]}}.$$

$$[] = []_0 = 130 \quad \dots \quad 5,$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{320 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 130}} = 29,1 \quad \dots$$

(6636-69) (. . 22): $d = 30 \quad \dots$

14.2. Проверочный расчет оси на статическую прочность

$$= \frac{M \cdot 10^3}{W} \leq [\quad] .$$

$$W = \frac{3,14 \cdot 30^3}{32} = 2649,38 \quad \text{см}^3 .$$

$$= \frac{320 \cdot 10^3}{2649,38} = 120,78 \quad < [\quad] = 130 \quad .$$

,

.

1. - :
 / [. . .]. - :
 , 2021. - 104 .
2. : - /
 , - : , 2014. - 372 .
3. / - : , 1986. -
 360 .
4. : / - :
 . - , 2018. - 240 .
5. / , -
 : « », 2002. - 296 .
6. / [. . .]. - : -
 , 1987. - 416 .
7. : -
 [. . .]. - : , 2021. - 273 .
8. : /
 - : , 2007. - 408 .
9. / - : ,
 1989. - 496 .
10. : , 1969. - 4 .
 6636-69. - . 01.01.1970. -
11. : - , 2005. - 16 .
 24705-2004. - . 01.07.2005. -

	.....	3
1.	.....	4
2.	.....	9
3.	.....	14
4.	.....	17
5.	.....	19
5.1.	.....	19
5.2.	.....	30
5.3.	.....	35
6.	.....	37
6.1.	.....	37
6.2.	.....	45
7.	.....	48
7.1.	.....	48
7.2.	.....	57
8.	-	
	.....	60
8.1.	.....	60
8.2.	.....	68
8.3.	.....	70
9.	.....	71
9.1.	.....	71
9.2.	.....	79
10.	.....	82
10.1.	.....	82
10.2.	.....	90
11.	.....	93
11.1.	.....	93
11.2.	.....	101
12.	.....	104
12.1.	.....	104
12.2.	.....	112
13.	.....	115
13.1.	.....	115
13.2.	.....	116
14.	.....	117
14.1.	.....	117
14.2.	.....	121
	.....	122

**Сентюров
Борисов
Пашкевич**

*Н. Н. Пьянусова
Н. Л. Якубовская
Е. В. Ширалиева*

27.11.2023. 60×84 ¹/₁₆.
« » . . . 7,21. - . . . 5,18.
50 . . .

« . . . 1/52 09.10.2013. ».
. . . , 13, 213407, . . .
« . . . , 5, 213407, . . . ».